

THESIS

MUNICH

1966

Nervennähte an Unterarm und Hand
mit Operationsergebnissen aus der Chirurgischen
Universitätsklinik München

Felicitas Püschel

LANE MEDICAL LIBRARY
STANFORD UNIVERSITY
300 PASTEUR DRIVE
PALO ALTO, CALIF.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AUS DER CHIRURGISCHEN KLINIK DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN
Direktor: Professor Dr. Dr. R. ZENKER

NERVENNÄHTE AN UNTERARM UND HAND
mit Operationsergebnissen aus der Chirurgischen Universitätsklinik
München

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und
einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Felicitas P ü s c h e l
aus Chemnitz

München 1966

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Priv. -Doz. Oberarzt Dr. A. MEYER
Mitberichterstatter:	Professor. Dr. Dr. h. c. R. ZENKER
Dekan:	Professor Dr. M. KIESE

Tag der mündlichen Prüfung: 11. Oktober 1966

INHALTSVERZEICHNIS

A. DIE ANATOMIE DER ARM - UND FINGERNERVEN

1. Nervus medianus
2. Nervus ulnaris
3. Nervus radialis
4. Die sensible Innervation des Unterarms

B. UNTERSUCHUNGSMETHODEN DER NERVEN AN DER HAND

1. Die Untersuchung der Sensibilität
2. Die Untersuchung der Trophik
 - a) Der Ninhydrintest
 - b) Der Jod -Stärke -Test
 - c) Der Quinizarintest
3. Die Untersuchung der Motorik

C. URSACHEN VON NERVENSCHÄDIGUNGEN

1. Unfallverletzungen
2. Verbrennungen und Erfrierungen
3. Durchblutungsstörungen
4. Stoffwechselstörungen
5. Toxische Einwirkungen
6. Geschwülste

D. DER AUFBAU EINES NERVEN UND SEINE REGENERATIONSFÄHIGKEIT

E. DIE NERVENNAHT

1. Die Geschichte der Nervennaht
2. Die Technik der Nervennaht
3. Das Kleben von Nerven
4. Maßnahmen zur Verbesserung der Nervennaht - die Millipore-Umscheidung
5. Überbrückung größerer Nervendefekte
 - a) Mobilisierung
 - b) Vorverlagerung
 - c) Nervendehnung
 - d) Das Transplantat

F, DER ZEITPUNKT DER DURCHFÜHRUNG EINER NERVENNAHT

1. Die Sofortnaht
2. Die Frühnaht
3. Die "aufgeschobene Dringlichkeit"
4. Die Spätnaht

G. OPERATIONSERGEBNISSE

1. Der Einfluß des Zeitpunktes der Nervennaht
2. Die Abhängigkeit des Ergebnisses von der Art des Nerven
3. Die Abhängigkeit des Ergebnisses vom Alter des Patienten
4. Vergleich der Ergebnisse bei männlichen und weiblichen Patienten
5. Die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Höhe der Durchtrennung des Nerven
6. Die Ergebnisse bei Nerventransplantationen

- Kasuistik -

ZUSAMMENFASSUNG

LITERATUR

A. DIE ANATOMIE DER ARM - UND FINGERNERVEN

Die Armnerven gehen aus dem Plexus brachialis hervor, der von den Rückenmarksnerven in Höhe des 5. Halswirbels bis 2. Brustwirbels gebildet wird.

Hier entspringen drei Trunci:

Truncus superior (C5 - C7)

Truncus medius (C5 - C8)

Truncus inferior (C8 - Th2)

Diese wieder gehen in die Fasciculi lateralis, posterior und medialis über.

Aus den Fasciculi werden die drei großen Armnerven gebildet, die für die Versorgung des Unterarmes und der Hand zuständig sind: Der Nervus medianus, der Nervus ulnaris und der Nervus radialis. Alle drei Nerven sind gemischt, d.h. sie enthalten motorische, sensible und efferente, für die Trophik verantwortliche Fasern.

1. Nervus medianus

Der Nervus medianus verläuft in der ulnaren Oberarmfurche zunächst ventral der Arteria brachialis, im unteren Drittel medial von ihr. In Höhe der Ellenbeuge tritt er durch den Musculus pronator teres und verläuft am Unterarm entlang dem Musculus flexor digitorum profundus zwischen diesem und dem Musculus flexor digitorum superficialis bis zum Handgelenk. Auf dieser Strecke gibt er motorische Fasern ab, die den größten Teil der Beuger und die Pronatoren des Unterarms innervieren.

Über dem Handgelenk liegt er als relativ starker Nerv radial der oberflächlichen Beugesehne des Mittelfingers, selbst nur von Haut und Fascie bedeckt. Er zieht, geschützt vom Retinaculum flexorum, in den Canalis carpi. Hier teilt er sich in seine Endäste auf: die Muskeläste für die Musculi lumbricales I und II und für die Daumenmuskulatur, einen Ramus communicans, der mit dem Nervus ulnaris anastomosiert und die Nervi digitales palmares communes. Diese teilen sich in 7 Nervi digitales palmares proprii auf, welche vom 1. bis 4. Finger ziehen. Hier verlaufen sie als Gefäß - Nerven - Bündel seitlich der Beugesehnen, wobei die Nerven palmar der Arterien liegen. Die Nervi digitales palmares proprii innervieren die Haut des 1. bis 3. und der radialen Seite des 4. Fingers. Auch ein Teil der dorsalen Fingerhaut im Bereich des Nagel - und des Mittelgliedes wird vom Nervus medianus innerviert.

Außerdem gibt der Nervus medianus sensible Äste als Rami articulares am Ellen-

bogengelenk, zum Teil an den Handgelenken und an den Gelenken der radialen Finger ab. Die Rami palmares versorgen die Haut des Daumenballens und der Hohlhand. Sie zweigen bereits kurz oberhalb des Handgelenks ab.

Bei Medianuslähmung steht der Daumen durch Ausfall Abductors leicht adduziert und durch Ausfall des Opponens in einer Ebene mit den anderen Fingern ("Affenhand"). Am 1. bis 3. Finger ist die Beugung im Grund- und Mittelgelenk aktiv nicht möglich ("Schwurhand").

Das Autonomgebiet des Nervus medianus erstreckt sich auf die Palmarfläche des 2. und 3. Fingers, so daß bei Durchtrennung des Nerven nur in diesem Gebiet die Sensibilität vollständig aufgehoben ist.

2. Nervus ulnaris

Der Nervus ulnaris verläuft am Oberarm ebenfalls entlang der Arteria brachialis, medial von ihr. Er tritt durch das Septum intermusculare mediale zum Epicondylus humeri medialis und verläuft weiter im Sulcus nervi ulnaris, hier nur von Haut und Fascie bedeckt. Er tritt dann zwischen den beiden Köpfen des Musculus flexor carpi ulnaris hindurch und folgt diesem Leitmuskel dorsal und ulnar von der Arteria ulnaris bis zum Handgelenk. Proximal des Handgelenks teilt er sich in einen überwiegend motorischen Ramus profundus und einen überwiegend sensiblen Ramus superficialis. Ersterer ist für die Muskulatur des Kleinfingerballens und der Mittelhand zuständig, letzterer für die sensible Versorgung der Beugeseite des 5. und der ulnaren Seite des 4. Fingers, mit den Endaufzweigungen auch für die Streckseite der Mittel- und Endglieder des 4. und 5. Fingers. Ein Muskelast zieht zum Musculus palmaris brevis.

Wie beim Nervus medianus ziehen auch vom Nervus ulnaris sensible Äste zum Ellenbogengelenk, zum Handgelenk und zu den Fingergelenken. Der Ramus dorsalis manus versorgt die Haut über der ulnaren Hälfte des Handrückens und der ulnaren Finger. Am Handrücken besteht eine Anastomose zum Nervus radialis und zum Nervus medianus.

Bei Ulnarislähmung werden durch Ausfall der Musculi interossei die Finger im Grundgelenk überstreckt und in den Mittel- und Endgelenken stark gebeugt ("Krallenhand").

Das Autonomgebiet des Nervus ulnaris erstreckt sich auf den 5. Finger.

3. Nervus radialis

Der Nervus radialis zieht zur Dorsalfläche des Oberarms, entlang der Arteria profunda brachii im Sulcus nervi radialis um den Humerusschaft, tritt durch das Septum intermusculare laterale auf die radiale Beugeseite des Oberarms und zieht zwischen dem Musculus brachioradialis und dem Musculus brachialis hindurch zur Ellenbeuge. Außer dem Nervus cutaneus brachii posterior und dem Nervus cutaneus antebrachii posterior gibt er Muskeläste für den Musculus triceps und den Musculus anconaeus ab. Nach Teilung des Nerven in einen oberflächlichen und einen tiefen Ast begleitet der Ramus superficialis den Musculus brachioradialis, tritt im unteren Drittel des Unterarms unter ihm hindurch auf die Streckseite des Handgelenks und auf die radiale Seite des Handrückens, die er sensible innerviert. Von ihm gehen die Nervi digitales dorsales aus, die die Haut des 1. und 2. Fingers und radial auch des 3. Fingers auf der Streckseite versorgen. Der tiefe Ast ist für die Streckmuskulatur des Unterarms zuständig.

Sensible Äste des Nervus radialis innervieren die Streckseiten von Ellenbogen und Handgelenk.

Bei Lähmung des Nervus radialis kann die Hand wegen der Lähmung der Handstrecker nicht aktiv dorsalflektiert werden und bei passiver Dorsalflexion nicht in dieser Stellung gehalten werden. Sie fällt immer wieder in die Stellung der Palmarflexion ("Fallhand").

Störungen der Sensibilität treten am Daumen und Daumenballen auf. Die Autonombereiche des Nervus radialis am Ober- und Unterarm sind häufig sehr schmal oder können ganz fehlen.

4. Die sensible Innervation des Unterarms

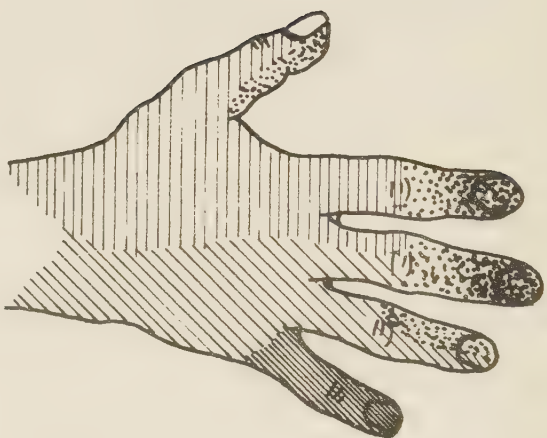
Die Haut des Unterarms ist in drei Versorgungsgebiete eingeteilt:

Den medialen Teil innerviert der Nervus cutaneus antebrachii medialis. Er entspringt als selbständiger Nerv dem Fasciculus medialis des Plexus brachialis.

Den lateralen Teil des Unterarms versorgt der Nervus cutaneus antebrachii lateralis, der als sensibler Hautast dem Nervus musculocutaneus entspringt.

Zwischen den beiden Gebieten, an der Dorsalfläche des Unterarms ist das Versorgungsgebiet des Nervus cutaneus antebrachii posterior, der aus dem Nervus radialis hervorgeht.

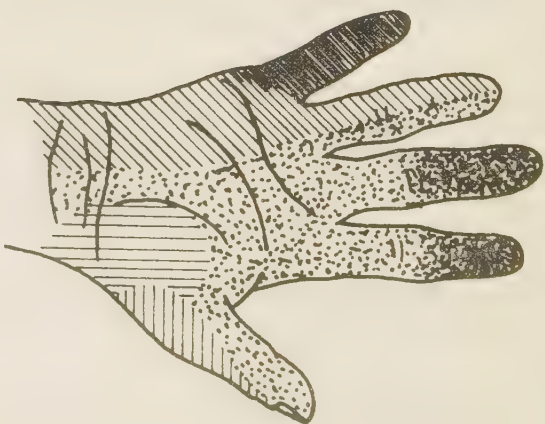
Die sensible Innervation der Hand wird am besten aus dem auf Seite 8 stehenden Schema deutlich.



Nervus medianus



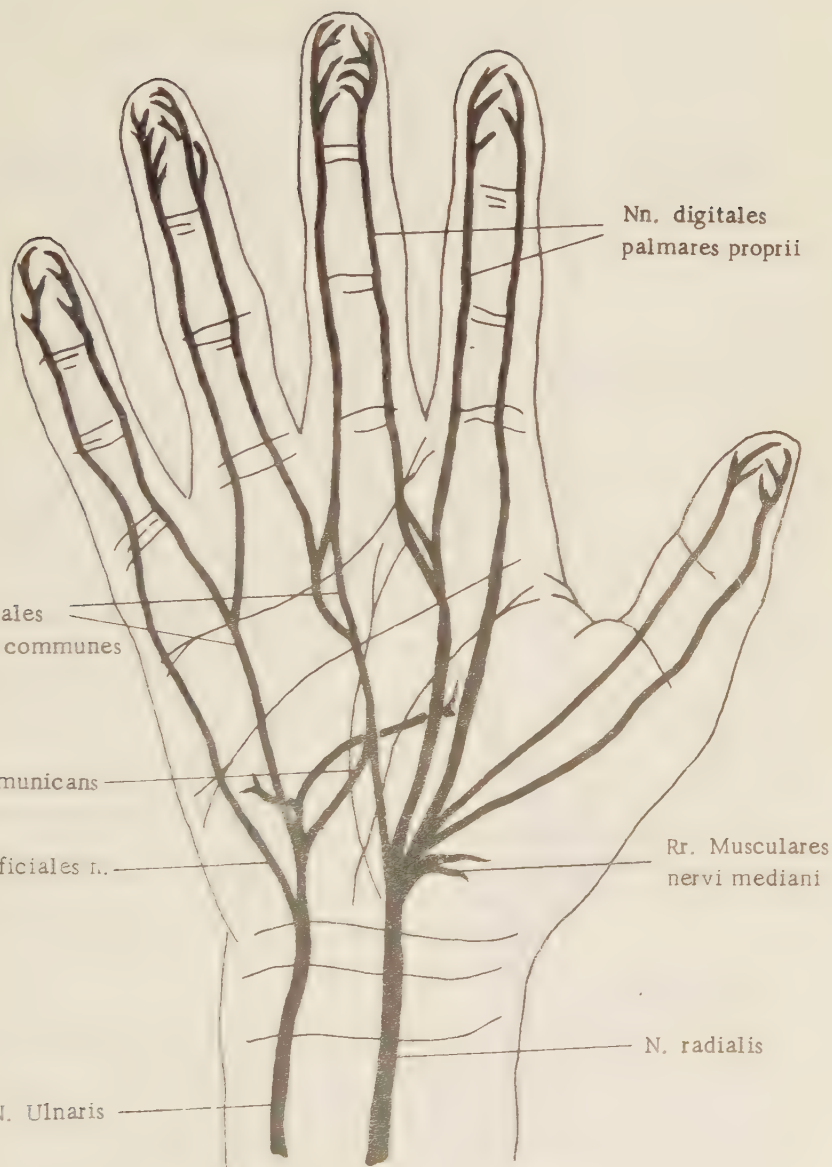
Nervus ulnaris



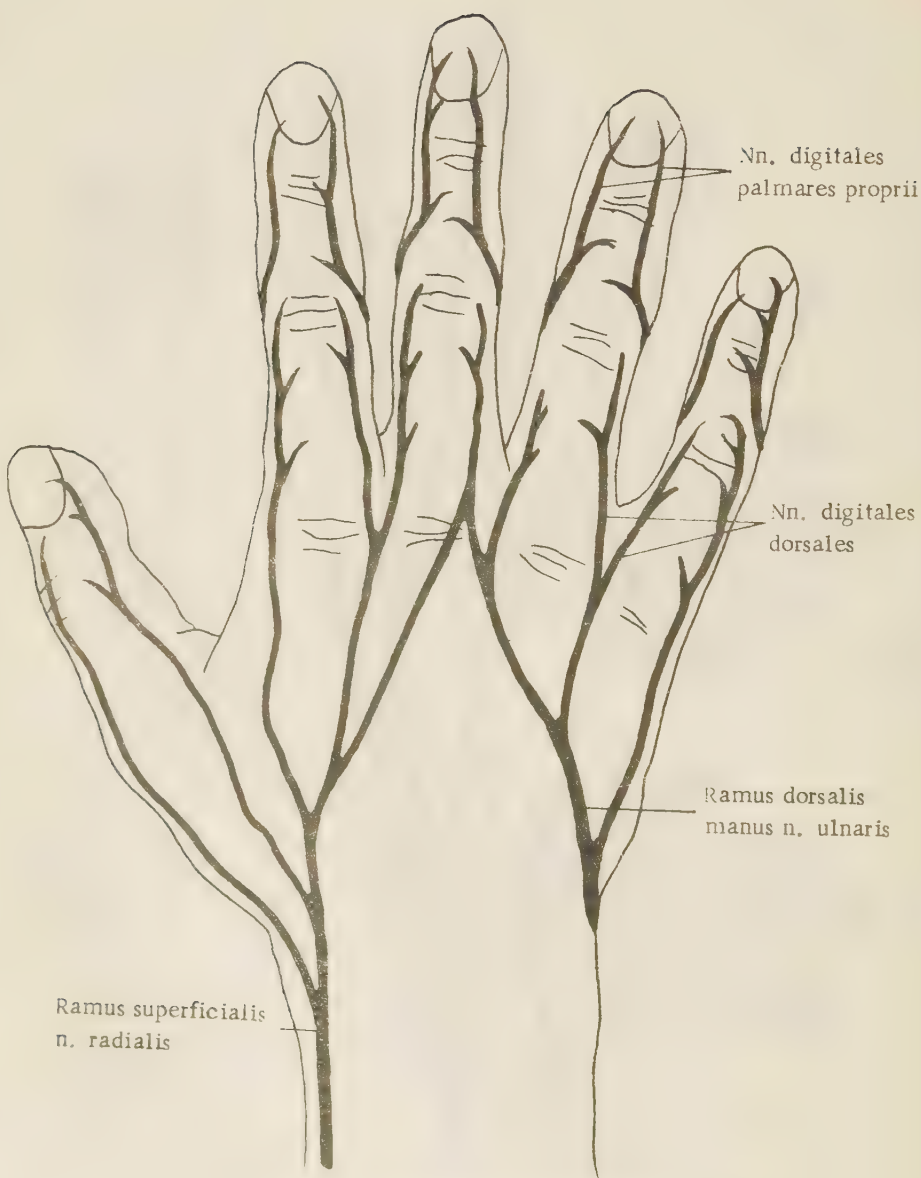
Nervus radialis



*Nervus cutaneus
antebrachii lateralis*



Lagebeziehungen der Nerven an der Hand,
Palmarseite



Lagebeziehungen der Nerven an der Hand,
Dorsalseite

B. UNTERSUCHUNGSMETHODEN DER NERVEN AN DER HAND

Bei der Durchtrennung eines Nerven kommt es zu charakteristischen Ausfallserscheinungen. Die Untersuchung dieser Störungen, die motorischer, sensibler oder trophischer Art sein können, ermöglicht die genaue Diagnose einer Nervenlähmung.

1. Untersuchungen der Sensibilität

Man prüft zunächst die grobe Berührung, dann mit einem Wattebausch oder mit einem Freyschen Haar die leichte Berührung und mit einer Nadel die Schmerzempfindung.

Zur Prüfung der taktilen Gnosis läßt man den Patienten kleine Gegenstände (Münzen, Nadeln, Knöpfe) mit verbundenen Augen tasten und benennen.

Bei der Untersuchung der Sensibilität können sich leicht Fehldiagnosen einschleichen. Sie kommen dadurch zustande, daß der benachbarte Nerv ein besonders großes Versorgungsgebiet hat, also durch eine Innervationsanomalie. Das kann zum Beispiel eine partielle Läsion dem Untersuchenden vortäuschen, obwohl in Wirklichkeit eine totale Läsion vorliegt.

Derartige Fehldiagnosen kann man ausschließen, indem man den benachbarten Nerv durch Leitungsanaesthesie ausschaltet.

Direkt nach einer Verletzung ist der anaesthetische Bezirk am größten; später engt er sich konzentrisch ein. Der Grund dafür ist ein Einwachsen neuer sensibler Fasern vom benachbarten Nerven her, der auch die Innervation der bisher gemeinsam versorgten Grenzgebiete übernimmt. Dieses Phänomen darf nicht mit der Regeneration des erkrankten Nerven verwechselt werden.

2. Untersuchungen der Trophik

Im anaesthetischen Bezirk kommt es zu atrophischen Veränderungen der Gewebe, welche zum Versorgungsgebiet des gelähmten Nerven gehören. Haut und Unterhaut werden dünn und unelastisch. An den Fingerbeeren verschwinden die Papillarleisten. Die normale Resistenz gegenüber Verletzungen ist herabgesetzt. Häufig kommen schwer heilende trophische Geschwüre vor. Die Haare fallen aus oder sie werden lang und dünn. Die Fingernägel sind verdickt, stärker gewölbt und brüchig.

Schon wenige Minuten nach der Durchtrennung eines Nerven kommt es zum Sistieren der Schweißsekretion. Die Untersuchungen der vegetativen Funktionen beruhen auf dem Nachweis der Schweißsekretion. Sie stellen dadurch, daß sie nicht auf die zum Teil sehr unklaren und unrichtigen Angaben des Patienten angewiesen sind, die einzigen wirklich objektiven Untersuchungsmethoden dar.

a) Der Ninhydrintest

Dieser von ODEN und HOFSTEIN anfangs in der Kriminologie angewandte Test wurde von E. MOBERG auf die medizinische Diagnostik übertragen. Er beruht auf dem Nachweis der im Schweiß enthaltenen 10 verschiedenen Aminosäuren.

Der Patient bekommt vorher eine Tablette Aspirin und eine Tasse heißen Lindenblütentee. Dann wird auf einem Streifen Papier, der vorher nicht berührt wurde, jeder Finger einzeln nebeneinander abgedrückt, mit einem Bleistift umrandet und beschriftet. Günstigerweise fertigt man gleich 2 Daktylogramme an, dazu vergleichsweise auch zwei der gesunden Hand.

Die Papierstreifen werden mit einer Lösung von 1 % Ninhydrin in Aceton besprüht und getrocknet. Nach einiger Zeit erscheint bei einem positiven Daktylogramm der Abdruck der Papillarleisten auf dem Papier. Nach ca. 24 Stunden wird mit einer Lösung von 1 g Kupfernitrat in 5 g Wasser und 95 g Methanol oder Aceton als Spray fixiert und an der Luft getrocknet.

Auf das anfangs vorgeschriebene Trocknen im Heißluftsterilisator bei 40-60° C wird heute meist verzichtet, da es durch höhere Temperaturen zur bräunlichen Verfärbung des Papiers kommt, was die Auswertung erschweren kann.

Durch den Ninhydrintest erhält man ein bleibendes Bild der sensibel versorgten Hautgebiete. Er ist sowohl für die Untersuchung in der Ambulanz als auch zur Klärung der Diagnose während einer Operation anwendbar. Da er einfach und verlässlich ist, hat er die vorher üblichen Methoden weitgehend verdrängt.

b) Der Jodstärketest

1927 wurde diese Methode von MINOR entwickelt. Durch einen Abdruck auf Jodstärkepapier, der sich bei intakter Schweißsekretion blau färbt, weist man das im Schweiß enthaltene Wasser nach.

c) Der Quinizarintest

GUTTMANN (1940) machte die Schweißsekretion sichtbar, indem er den Patienten zunächst mit Aspirin und Lindenblütentee zum Schwitzen brachte, dann die

Hand mit Quinizarinpuder bestreute und sie unter einen Lichtbogen hielt. An Stellen normaler Schweißsekretion färbte sich die Haut tief purpurrot.

Das Verfahren hat gegenüber dem Ninhydrintest vor allem den Nachteil, daß man kein bleibendes Daktylogramm anfertigen kann.

3. Untersuchungen der Motorik

Wird die Bahn eines motorischen Nerven unterbrochen, so verfallen die von ihm versorgten Muskeln der schlaffen Lähmung. Nach und nach tritt Atrophie der Muskulatur ein und nach ungefähr einem Jahr die fibröse Degeneration. Die Folge davon ist eine Störung des Gleichgewichts zwischen Agonisten und Antagonisten. Es resultieren Gelenkdeformitäten und Kontrakturen. Dadurch kommt es zu den typischen Handstellungen: bei Ulnarislähmungen zur Krallhand, bei Medianuslähmungen zur Schwurhand und bei Radialislähmungen zur Fallhand. Damit kann praktisch schon auf den ersten Blick die Diagnose einer motorischen Nervenlähmung gestellt werden. Aber auch hier können Innervationsanomalien täuschen, die durch Leitungsanaesthesie kurzzeitig beseitigt werden können.

Eine ältere Methode der exakten Untersuchung ist der Nachweis der Anoden- und Kathodenöffnungs- und Schließungszuckung.

Heute bedient man sich in der Elektrodiagnostik der Elektromyographie: An einem gesunden, ruhenden Muskel sind keine Potentialdifferenzen nachzuweisen. Bei Reizung des Muskels aber bildet sich ein Aktionspotential aus. Unter pathologischen Verhältnissen kommt es auch beim ruhenden Muskel zu Fibrillationen, die ein charakteristisches Zeichen für die Degeneration des peripheren motorischen Neurons darstellen.

Bei einer partiellen Nervenschädigung sind außer den Fibrillationen auch Aktionsströme nachweisbar, was auf vereinzelt vorhandene gesunde motorische Nervenfasern schließen läßt.

Die Intensitätsdauerkurven dienen besonders zum Nachweis der Nervenregeneration in ihren einzelnen Stadien. Die Methode beruht darauf, daß der elektrische Strom, der an einem Muskel eine Kontraktion hervorrufen soll, auf ihn eine bestimmte Zeit in einer bestimmten Stärke einwirken muß. Stromstärke und Reizzeit stehen zueinander in umgekehrt proportionalem Verhältnis. Auf ein Koordinatensystem eingetragen ergeben sie für den normal innervierten und für den gelähmten Muskel charakteristische Kurven.

Ein weiteres Verfahren ist die Muskelbiopsie, d.h. die Betrachtung der Nerven- und Muskelfasern im histologischen Bild.

Die meistumgekehrte Methode ist die Elektromyographie. Sie ermöglicht den Nachweis einer Nervenregeneration früher als alle anderen Untersuchungen. Sie dient daher im Wesentlichen auch dazu, den Erfolg oder Mißerfolg der Naht eines motorischen Nerven frühzeitig zu erkennen.

C. URSACHEN VON NERVENSCHÄDIGUNGEN

1. Unfallverletzungen

Die weitaus häufigsten Handschädigungen sind auf Unfälle zurückzuführen. Dabei kommt es - im Ganzen gesehen - relativ selten zu Nervendurchtrennungen; sehr viel häufiger sind zum Beispiel Sehnen betroffen. Da die Handnerven doch an den meisten Stellen geschützt liegen, kommt es bei Unfällen erst zur Durchtrennung der darüberliegenden Gebilde: außer Haut und Unterhaut besonders Muskulatur, Sehnen und eventuell Gefäße.

Handelt es sich bei dem Unfall wirklich um eine Nervendurchtrennung, so liegt in den meisten Fällen eine Schnittverletzung vor. Glasscheiben, Glasflaschen, Metzgermesser und Kreissagen sind fast immer die Ursachen. Andere Berufsunfälle und auch Verkehrsunfälle kommen sehr viel seltener vor.

Abgesehen von der Schnittverletzung kann es gelegentlich durch Quetschungen, Verrenkungen oder Knochenbrüche zur Schädigung des benachbart liegenden Nerven kommen.

Einen kleinen Raum nehmen die Arm- und Handverletzungen ein, die als Folge von Operationen auftreten können. Bekannt sind die Schädigungen des Nervus axillaris beim Einrenken einer Schulterluxation, die Schädigungen des Nervus radialis beim Einrichten von Oberarmbrüchen. Am Unterarm ist der Ramus profundus nervi radialis besonders bei Operationen am Radiusköpfchen gefährdet. Bei Incisionen am Vorderarm kann es zu Durchtrennungen des Ramus superficialis nervi radialis und des Ramus dorsalis manus nervi ulnaris kommen; bei Hand- und Handincisionen wird gelegentlich der motorische Thenarast des Nervus medianus verletzt, bei Incisionen am Finger sind besonders die palmaren Fingernerven häufig in Gefahr.

Außer diesen Verletzungen, bei denen es zur einfachen Durchtrennung des Nerven kommt, bestehen aber noch andere Möglichkeiten einer Nervenschädigung.

2. Verbrennung und Erfrierungen

Bei Verbrennungen 3. Grades kann der Nerv direkt von der Nekrose ergriffen werden oder infolge des auftretenden Oedems geschädigt werden.

Gegen Erfrierungen sind periphere Nerven relativ empfindlich, sie stehen hierin an zweiter Stelle nach den Knochen. Schon bei Erfrierungen 2. Grades kommt es zu Kälteuralgien. Bei Erfrierungen 3. Grades tritt häufig Zerfall der Mark-scheiden ein, wobei teilweise auch die Achsenzylinder zugrunde gehen. Die Folgen sind manchmal Paresen, häufiger sensible Reizzustände und Anaesthesien. Die Regeneration erfolgt spontan, meist nach kurzer Zeit.

3. Durchblutungsstörungen

Entsteht durch Verletzung oder durch Verschluss eines Gefäßes ein ischämisches Gebiet, von dem ein Nerv unmittelbar betroffen ist, so kommt es zur Schädigung des betreffenden Nerven und damit zum Funktionsausfall. Handelt es sich dabei um ein Hauptgefäß, so ist mit einer Regeneration nicht mehr zu rechnen.

Am Arm spielen auch Schädigungen durch Aneurismen eine Rolle, die besonders am Oberarm und in der Achselhöhle vorkommen. Außer der Mangeldurchblutung führt der Druck durch den Aneurismasack zur Kompression und damit zur Nekrose.

4. Stoffwechselstörungen

Bei verschiedenen Stoffwechselerkrankungen und -störungen (Diabetes, Leber-erkrankungen, Hunger, Avitaminosen) stellen sich Polyneuritiden ein, die auf einer Mangeldurchblutung des Nerven beruhen.

5. Toxische Einwirkungen

Lokale Infektionen können auf den Nerven übergreifen und ihn schädigen. Bei Fortschreiten der Entzündung kann sogar die ganze Nervenfasern degenerieren. Ebenso können periphere Nerven auch bei exogen toxischen Einflüssen mit befallen werden. Meist wirken sich Intoxikationen auf mehrere Nerven gleichzeitig aus, jedoch sind bei manchen Vergiftungen regelmäßig bestimmte Nerven betroffen. Zum Beispiel führt eine Bleivergiftung besonders zur Lähmung des Nervus radialis.

6. Geschwülste

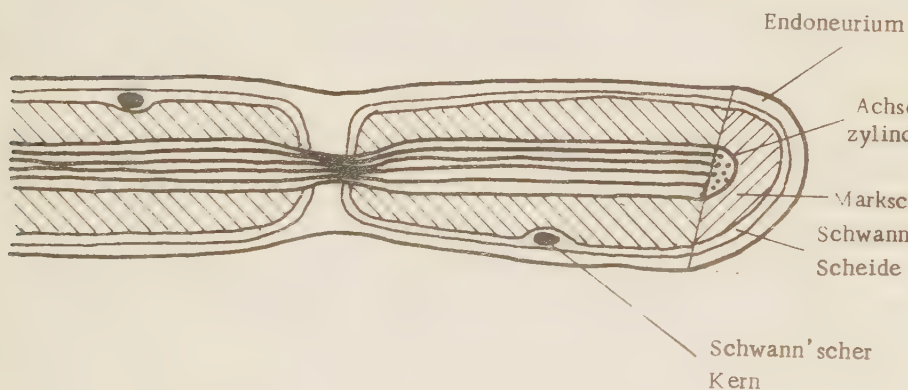
Alle Arten von Geschwülsten können, wenn sie dem Nerven benachbart liegen, einen Kompressionsschaden verursachen.

Sehr selten findet man Unterbrechungen der Nervenleitung bei malignen Nerventumoren. Zu nennen sind hier die Neurosarkome, die allerdings sehr selten sind.

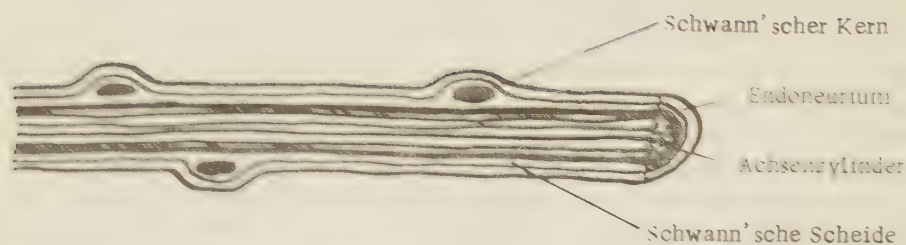
Mit häufiger kommen die gutartigen Neurofibrome vor, die aber nur gelegentlich zu Ausfallerscheinungen des Nerven führen.

D. AUFBAU EINES NERVEN UND SEINE REGENERATIONSFÄHIGKEIT

Das leitende Element des Nerven ist die Nervenfaser. Jeder Nerv enthält eine mehr oder weniger große Zahl von Nervenfasern, die sich entsprechend ihrer verschiedenen Funktion sowohl in ihrem Bau als auch in ihrer ganzen Arbeitsweise, insbesondere in der Leitungsgeschwindigkeit voneinander unterscheiden. Bekanntlich wird die periphere Nervenfaser von dem Neuriten einer Nervenzelle gebildet. Man kann markhaltige und marklose Nervenfasern unterscheiden. Beide Faserarten bestehen aus einem inneren Achsenzylinder, in dem sich längsgeordnete Neurofibrillen erkennen lassen, und den äußeren Hüllen. Das sind bei markhaltigen Nervenfasern eine relativ dicke Markscheide und das Neurilemm oder auch Schwannsche Scheide genannt. Die Schwannsche Scheide enthält Zellkerne. Beide Schichten sind in Abständen von 1 - 3 mm von den Ranvierschen Schnürringen unterbrochen.



Beim marklosen Nerven sind die Markscheiden nur sehr schmal oder gar nicht vorhanden. Damit fallen auch die Ranvierschen Schnürringe weg, und die Fortleitung der Impulse erfolgt kontinuierlich, während sich die Impulse bei markhaltigen Fasern saltatorisch fortpflanzen.



Die einzelnen Nervenfasern werden weiterhin von einem Endoneurium umgeben und die Fasern sind von einer Myelinscheide umgeben. Der ganze Nerv wird von einem Epineurium zusammengehalten.

Die Leitungsgeschwindigkeit eines Nerven wächst mit Zunahme seiner Faserdicke. Eine weitere Zunahme der Leitungsgeschwindigkeit erfahren die markhaltigen Nervenfasern durch die Einführung der Myelinscheiden und der Ranvierschen Knoten, die den Impuls sprunghaft von einem Knoten zum anderen fortpflanzen.

Die Durchschneidung eines Nerven unterbricht die Fortleitung der Nerven - Impulse, daraus resultiert die Lähmung oder Quetschung eines Nerven aus.

Im allgemeinen wächst die durchgeschnittene Nervenfasernicht wieder zusammen. Das periphere Stück degeneriert nach einigen Tagen, da es keine Verbindung mehr mit der Nervenwurzel hat (Wallersche Degeneration). Trotzdem ist die Wiederherstellung der Leitung in einem peripheren Nerven möglich, da die Neuriten funktionsfähiger Nervenzellen auswachsen und das Erfolgsorgan wieder erreichen können. Die Schwannschen Scheiden des abgetrennten Neuriten dienen als leitende Bahnen für die auswachsenden Achsenzylinder. Schließlich werden neue Muskel-Endplatten gebildet.

Die Regeneration des Nerven nach erfolgter Nerveninnervation hängt von verschiedenen Faktoren ab: Von der Zeitspanne zwischen Verletzung und Operation, von der Tiefe der Verletzung, der Größe des Defektes, dem Alter des Patienten, der Beschaffenheit der Weichteile in der Umgebung.

Bei der Auswachsung der Achsenzylinder eines motorischen Nerven kann man eine Strecke von 0,5 bis 1 mm am Tage abzeichnen. Beim Nervus ulnaris hat man ein

tägliches Wachstum von 0,4 mm festgestellt, beim Nervus ischiadicus täglich 2,0 mm. Nerven mit größerem Querschnitt wachsen im allgemeinen schneller als solche mit kleinerem Querschnitt. Eine ungünstige Prognose haben also lange dünne Nerven.

Vor der Wiederkehr der Funktion eines motorischen Nerven kann man die Reinnervationspotentiale bereits im EMG nachweisen. So kann man sich schon einige Wochen bevor der Erfolg sichtbar wird ein Bild über das Ergebnis der Nervennaht machen.

Bei der Regeneration sensibler Nerven kehrt zuerst die grobe Berührung wieder, dann die Schmerzempfindung, dann die leichte Berührung und die Temperaturwahrnehmung. Zum Schluß erst kehrt die taktile Gnosis zurück. Häufig werden über dem Gebiet regenerierender Nervenfasern Parästhesien empfunden, d.h. der Patient gibt bei leichter Berührung Schmerzen oder ein elektrisierendes Gefühl an. Die Anwendung dieses sog. Hoffmann-Tinelschen Zeichens zur Frühdiagnostik einer sensiblen Funktionsrückkehr ist allerdings sehr umstritten, da man die gleichen Zeichen auch bei der Ausbildung von Neuomen findet.

Bei einer normalen Regeneration verschwinden diese Hyperaesthesien meist nach 1 - 2 Jahren wieder.

1853 beobachtete Schiff, daß die Wiederherstellung der Funktion eines durchtrennten Nerven zum Teil innerhalb weniger Tage möglich ist. Eine so rasche Restitution kann durch die Theorie vom Auswachsen der Achsenzyylinder nicht erklärt werden. Sie deutet vielmehr darauf hin, daß der periphere Stumpf nicht unbedingt degeneriert, sondern in einigen Fällen auch den Anschluß an den zentralen Stumpf wieder finden kann. Wahrscheinlich kommen den Zellen der Schwannschen Scheide im distalen Stumpf axoblastische und axokonservatorische Eigenschaften zu.

KOSCHITZ-KOSIC versucht im Tierexperiment auf diese schnelle Restitution durch exakte Operationstechnik bewußt hinzuarbeiten. Die Operationstechnik hat folgendes zum Ziel:

- a) Das Einwachsen des epineuralen Bindegewebes in den Nervenspalt muß vermieden werden.
- b) Die regenerative Potenz der zentralen Achsenzyylinder und die Proliferation der peri- und endoneuralen Zellen sowie der Schwannschen Zellen beider Nervenstümpfe darf nicht geschädigt werden.

- c) Die Schnittflächen der Nervenstümpfe sollen spannungslos aneinander gelegt und fixiert werden.
- d) Auswachsen und Abirren der Achsenzyylinder in die Umgebung muß verhindert werden.
- e) Die Bildung von einengendem Narbengewebe muß verhindert werden.

Bei Sofortnähten, die sehr sorgfältig durchgeführt und geschient wurden, ist es möglich, aber nie sicher, daß eine sofortige Restitution des Nerven erreicht werden kann.

E. DIE NERVENNAHT

1. Die Geschichte der Nerven-naht

Das Interesse an der Anatomie und Physiologie peripherer Nerven hat schon vor über 2 Jahrtausenden die Ärzte bewegt. Die Begründer der Alexandrinischen Schule, Herophilos und Erasistratos sollen sich um 300 v. Chr. als erste mit den Nerven des menschlichen Körpers beschäftigt haben (32).

Im 2. Jahrhundert n. Chr. war es GALEN, der Vater der Römischen Medizin, der die Nerven von Sehnen und Bändern sicher trennen konnte. Er hinterließ seiner Nachwelt ein großes klinisches Wissen über die Funktion der Nerven. Paul von AEGINA äußerte als erster den Gedanken, durchtrennte Nerven durch eine Naht wieder zu vereinigen (7. Jahrhundert); jedoch blieb es zunächst noch bei der Theorie. Die Durchführung einer Nerven-naht ist erst 350 Jahre später das Verdienst des Persers AVICENNA.

Im 13. Jahrhundert soll der berühmte, in Frankreich lebende Mailänder LANCRANCO neben anderen gewagten Operationen auch Nerven-nähte durchgeführt haben. Jedoch wird über den Erfolg nichts berichtet (23).

Ebenfalls ein Mailänder, Gabriele FERRARA, beschreibt nach 1550 eine von ihm durchgeführte Nerven-naht "mit feiner Schildkrötensehne, getränkt in roten Wein".

Alle diese Versuche blieben vereinzelt. Die Gefahren des Wundfiebers, der Verwachsungen, des Mißerfolges waren so groß, daß man sich lieber auf die konservative Behandlung der Nervenverletzungen beschränkt, die allerdings wenig ermutigend war.

Erst die Entwicklung der atraumatischen Nahttechnik rückte die Möglichkeit der Nerven-naht in ein völlig neues Licht. HUETER wandte 1871 erstmals die epineurale Kopfnahnt mit Erfolg an.

Schon 1870 unternahmen PHILIPPEAUX und VULPIUS erste Versuche mit Autotransplantaten. 1878 gelang ALBERT das erste Nerven-transplantat. Die wesentliche Grundlage für diese Versuche waren die Erkenntnisse der Nervenphysiologie im 19. Jahrhundert, besonders die Ergebnisse von HELMHOLTZ, der erstmalig die Leitungsgeschwindigkeit am Nerven messen konnte.

Die Kriegsverletzungen des 1. Weltkrieges verlangten eine häufige Durchführung

von Nerven- und auch Sehnennähten. In der Folgezeit konnten daher wichtige Erfahrungen auf diesen Gebieten gesammelt werden, die sich aus den Erfolgen bzw. Mißerfolgen ergaben. 1925 erschien erstmals eine Veröffentlichung der Erfolge von 105 Nervennähten distal des Handgelenkes von BUNNEL. Seine Erfahrungen lehrten Wesentliches für die Durchführung von Nervennähten. Mit der Verbesserung der Operationstechnik im Laufe der letzten Jahrzehnte konnten auch die Heilungschancen bedeutend heraufgesetzt werden. Das Fach der Handchirurgie kristallisierte sich immer mehr heraus, heute ist es ein wichtiges Spezialfach der Chirurgie geworden.

2. Die Technik der Nervennaht

Bevor man sich dazu entschließt, eine Nervennaht durchzuführen, müssen einige sehr wesentliche Voraussetzungen für das Gelingen einer solchen Operation erfüllt sein.

- a) Der Operateur muß auf dem Gebiet der Handchirurgie Erfahrung haben. Alle Autoren warnen immer wieder davor, eine Nervennaht von einem Ungeübten vornehmen zu lassen. Man kann durch eine unsicher durchgeführte Operation die Chancen für eine Wiederholungs-Operation sehr verschlechtern, da inzwischen wertvolle Zeit verstrichen ist.
- b) Die Wundverhältnisse müssen klar und übersichtlich sein. Dazu gehört, daß die Nervenkelkel gut erkennbar sind, daß keine beginnende oder gar fortschreitende Infektion zu befürchten ist; wichtig ist auch, daß der Patient sich in ordentlichem Allgemeinzustand befindet. Besonders hervorgehoben gehört noch die Infektion. Nerven besitzen eine relativ hohe Resistenz gegen Infektionen, jedenfalls findet man Eiterungen sehr viel seltener als nach Sehnennähten. Wenn sich jedoch eine Infektion ausbreitet, wird auch die Nervennaht sinnlos, da die Fäden herauseitern. Ebenfalls undurchführbar ist die Nervennaht in einer granulierenden Wunde.
- c) Eine weitere Voraussetzung ist das Vorhandensein kleinster Instrumente, wie sie bei ophthalmologischen Operationen verwendet werden. Man nimmt feinstes Nahtmaterial von der Stärke 6-0 oder 7-0. (Meist wird 6-0 verwendet, doch betont zum Beispiel BÖHLER ausdrücklich, daß er noch feinere Seide gebraucht).

Zur besseren Sicht im Operationsfeld bedient man sich einer Lupenbrille; sie ist vor allem bei der Naht der sensiblen Fingernerven unerläßlich, da man mit bloßem Auge keine exakte Adaptation dieser feinen Nervenenden erreichen kann. Noch größere Genauigkeit erreicht man mit dem Operationsmikroskop. Bei diesem zusammensetzbaren Apparat können die wichtigen optischen Teile für die jeweils zweckmäßige Anwendung ausgewechselt

werden. Für tiefliegende Objekte kann eine zentrale Beleuchtung verwendet werden, für strukturarme Flächen eine schräge Beleuchtung. Durch eine Kontrolleinrichtung können ein oder zwei Mitbeobachter den Operationsvorgang verfolgen, ohne daß der Operateur im Sehfeld behindert wird. Ebenso sind auch Photographieren möglich, ohne daß die Operation unterbrochen werden muß. Der Abstand vom Operationsfeld kann verschieden gewählt werden (12,5 cm, 20, 30 und 50 cm). In jeder Entfernung sind 5 verschiedene Vergrößerungen möglich. So können bis zu 49-fache Vergrößerungen erzielt werden. Ideal ist ein Arbeitsabstand von 20 cm und eine 10-fache Vergrößerung, die einen Sehfelddurchmesser von 2 cm zuläßt.

Die Anaesthetie richtet sich nach der Schwere des Falles. Bei kurzen Routine-Operationen, die nicht länger als 2 Std. dauern, ist die Leitungsanaesthetie angebracht. In schwierigeren Fällen können die Wiedernerstellungsoperationen aber bis zu 4 Std. dauern; dann zieht man die Narkose vor. Für Nervennahte genügen relativ oberflächliche Narkosen, die mit Äther durchgeführt werden können. Der Patient sollte danach für mindestens zwei Tage stationär aufgenommen werden. Seltener findet die Plexusanaesthetie Anwendung, jedoch ist sie, wenn sie gut durchgeführt wird, sehr einfach und geeignet.

Wesentlich ist auch die richtige Lagerung des Armes. Hierfür gibt es Spezial-Operationstischchen mit deren Hilfe man Arm und Hand in jeder Stellung fixieren kann. Durch einen einfachen Handgriff kann diese Stellung auch während der Operation steril oder unsteril geändert werden.

Man operiert in vollkommener Blutleere, die durch Anlegen eines Blutdruckapparates hergestellt wird. Zunächst ist ein vorher gut durchdachter Hautschnitt zu führen. Dies ist bei Handoperationen besonders wichtig, da es sonst leicht später zu Kontrakturen kommen kann.

Zunächst werden eventuell verletzte Sehnen, Muskeln und natürlich in erster Linie Gefäße genaht; auch Frakturen werden eingerichtet. Die Nervennaht tritt an den Schluß der Operation. Da es sich hier um besonders zarte Nähte handelt, wäre die Gefahr des Zerreißen während der folgenden Operation zu groß.

Zur Nervennaht sucht man zunächst die beiden Nerven-Stümpfe auf, wobei besonders darauf zu achten ist, daß es sich auch wirklich um zwei Nervenstümpfe handelt und nicht etwa in einem Fall um den Stumpf einer benachbart liegenden, ebenfalls durchtrennten Sehne. Während die Sehne oberflächlich glatt und glänzend erscheint, ist der Nerv deutlich matter; bei genauere Hinsehen kann man auch Nervenkel erkennen. Schließlich kann man sich sehr einfach Klarheit verschaffen, indem man an den Enden zieht. Bei Zug an einer Sehne ändert sich entsprechend ihrer Funktion die Stellung der Hand oder eines Fingers. Bei

stark ausgefranzten Nervenstümpfen muß soweit reseziert werden, bis deutlich Nervenkel erkennenbar sind. Dadurch kann sich ein mehrere cm langer Defekt ergeben, der sich aber oft dadurch überbrücken läßt, daß man den zentralen Stumpf des Nerven weiter mobilisiert und hervorzieht und ihn unter gleichzeitiger Flexion der Gelenke an den peripheren Stumpf heranbringt. In jedem Falle werden die Nervenenden mit einer Rasierklinge aufgefrischt, so daß die Nervenkel gut erkennbar sind.

Die beiden Stümpfe werden spannungslos aneinander gelegt und mit Hilfe eines Seidenfadens ihre Stellung zueinander markiert. Wesentlich ist, daß der Nerv nicht verdreht wird, daß also die differenzierten Bündel wieder aneinander kommen. Bei rein sensiblen Nerven ist dies nicht unbedingt Voraussetzung für eine Regeneration. Man hat auch bei verdreht genähten Nerven Erfolge beobachtet. Anders sind die Verhältnisse bei gemischten Nerven. Wenn die sensiblen Nervenfasern Anschluß an die motorischen haben und umgekehrt, ist eine Regeneration nicht mehr möglich. Dieser Fall tritt besonders häufig bei Ulnaris-Verletzungen am Unterarm auf, und man kann ihn nicht mit Sicherheit vermeiden, da sich die Fasern nicht voneinander unterscheiden. Manchmal bieten die Gefäße, die den Nerven begleiten, einen wichtigen Anhaltspunkt.

Besonders bei kleineren Nerven kommt es vor, daß der Querschnitt der Achsenzylinder nicht genauen Anschluß an den anderen Stumpf findet, sondern nach außen zu liegen kommt. Um das zu vermeiden, sollte man die genaue Adaptation der Nervenenden nur unter Kontrolle durch die Lupenbrille oder das Operationsmikroskop durchführen.

Für die Naht verwendet man feinste atraumatische Nadeln und schwarze Seide 6-0 oder 7-0. Man erfaßt nur das Perineurium der beiden Stümpfe ohne die Nervenfasern zu durchstechen und vereinigt sie so End zu End mit Knopfnähten. Um die Gleitfähigkeit des Seidenfadens zu erhöhen, wird er vorher einmal durch das subcutane Fettgewebe gezogen.

Bei den dünnen Fingernerven legt man 2 - 4 Nähte an, an der Hohlhand und am Handgelenk 6 Knopfnähte; am Unterarm zieht man die fortlaufende Naht zwischen zwei Haltefäden vor, da zu viele Knoten die Wundheilung gefährden könnten.

Beim Abschluß der Operation ist auf besonders sorgfältige Blutstillung zu achten. Blutkoagula, die in der Wunde bleiben, trennen die Gewebe voneinander und führen so eventuell später zu Verwachsungen.

Nach Verschuß der Wunde muß die Hand in der gleichen Stellung weiter fixiert bleiben. Durch eine falsche Bewegung kann die Nervennaht sehr leicht wieder

gesprengt werden. Um jede Spannung zu vermeiden, werden die Gelenke für 3 - 4 Wochen in günstiger Stellung durch eine Gipsschiene fixiert. Später ist noch für einige Zeit eine Nachtschiene angebracht.

Eine Nachbehandlung wird vor allem nach der Naht von motorischen Nerven durchgeführt. Sie besteht in vorsichtigen Bewegungsübungen, Übungen unter Wasser, eventuell auch in Elektrotherapie, die bis zur Wiederkehr der aktiven Beweglichkeit durchgeführt werden. Gewaltsame passive Bewegungen sind streng zu vermeiden.

3. Das Kleben von Nerven

An dieser Methode arbeiten HEISS und FAUL an der Universitätsklinik München seit ca. 2 Jahren. Der Vorteil liegt darin, daß der Nerv ohne Traumatisierung vereinigt und die Neuombildung damit praktisch ausgeschlossen wird. Gleichzeitig bildet der Klebstoff eine Umscheidung für den Nerven, wodurch eine zusätzliche Millipore-Umscheidung überflüssig wird.

Bei dem auf Anregung von HEISS von einer Großfirma der chemischen Industrie synthetisierten Klebstoff handelt es sich um eine monomere Cyanacrylatverbindung, die in feuchtem Milieu sehr leicht von dem flüssigen (monomeren) Zustand in den festen (polymeren) Zustand übergeht. Die Substanz kommt in chemisch reiner Form zur Anwendung, wobei außer der Gewebsfeuchtigkeit keine speziellen Katalysatoren benötigt werden. Der Polymerisationsvorgang ist abhängig von der Ionenkonzentration des Gewebes und der angewandten Klebstoffmenge.

Nach 2 - 4 Wochen wird der Klebstoff resorbiert. Die Reißfestigkeit eines geklebten Nerven ist fast ebenso gut wie die eines ~~geheilten~~ Experimentell wurde sogar bewußt auf eine Ruhigstellung verzichtet, doch wird man in der Praxis besonders beim Kleben von größeren Nerven weiterhin eine Gipsschiene anlegen.

Bisher wurde einer Versuchsserie von 24 Ratten der Nervus Ischiadicus durchtrennt und anschließend geklebt, durchweg mit positivem Erfolg.

Auch eine Reihe von Operationen am Menschen sind bereits durchgeführt worden. Hier sind die endgültigen Ergebnisse noch abzuwarten; die elektrophysiologischen Untersuchungen, die von STRUPPLER durchgeführt wurden, zeigen sämtlich eine gute Regeneration des Nerven an, auch bei vorher aussichtslos erscheinenden Fällen.

Die Operation wird durchgeführt, indem man den Nerven zunächst auf einer Polyäthylenfolie adaptiert. Hier haftet der Nerv gut, so daß Verschiebungen ausgeschlossen werden. Der anschließend aufgetragene Klebstoff verbindet sich nicht mit der Polyäthylenfolie.

4. Maßnahmen zur Verbesserung der Nervennaht - die Millipore-Umscheidung

Ein Problem stellt bei der Nervennaht die starke Narbenbildung dar. Man kann hier zwei Arten von Narben unterscheiden:

Die 1. Form entwickelt sich sofort mit Beginn der Heilung aus den bindegewebigen Anteilen des Nerven selbst. Sie ist unerlässlich und stellt den Zusammenhang der beiden Nervenstümpfe erst her. Sie kann aber gleichzeitig ein Hindernis für das Vorsproßen der Achsenzylinder in die Peripherie sein, wenn sie sich zu weit ausbreitet. Daher ist es günstig, wenn sie in möglichst engen Grenzen gehalten werden kann.

Die 2. Art entwickelt sich an den Wundflächen der gesamten Wunde. Sie kann noch nach längerer Zeit durch Schrumpfung die Funktion des Nerven beeinträchtigen. Sehr häufig findet man in der Operation den Nerven in derbes Schwielen-gewebe eingebettet, aber unversehrt. Diese Narbenbildung ist möglichst zu vermeiden, einmal durch schonendes Operieren, zum anderen durch Einbetten des Nerven in ein Medium, das sich nicht bindegewebig umwandeln kann. Hierzu wurden die verschiedensten Methoden entwickelt, die aber fast alle wegen ihrer Unzulänglichkeit wieder verlassen werden mußten.

Die Einscheidung mit einer Polyäthylenmembran erwies sich als ungünstig, da sie keine Ernährung des umscheideten Nervenstückes zuläßt; die Erfolge waren dementsprechend schlecht.

Günstiger wirkten sich Rinnenschienen aus autoplastisch transplantierten geschlitzten Venenstücken aus, doch hat sich auch diese Methode wenig durchsetzen können.

KOSCHITZ-KOSIC bettet den Nerven in eine Plombe aus körpereigenem, ~~aus-~~lassenem Fett ein, das durch Filtration von bindegewebigen Rückständen gereinigt worden ist.

Wenig Erfolg zeigten die Versuche, die Narbenbildung durch Gaben von Cortison oder Antimetaboliten herabzusetzen. Auch Injektionen von Colchizin in das zurückpräparierte Perineurium wurden versucht.

Als bestmögliche Methode erschien die Tubulisation. Jedoch darf kein autoplastisches Material verwendet werden, da es nach einiger Zeit bindegewebig umgewandelt wird. Alloplastisches Material dagegen verhindert die Vascularisation des Nervengewebes und damit seine Ernährung.

Ideale Verhältnisse sind durch die Millipore-Membran gegeben. Sie wurde von ~~A. M. B.~~ BASSET und Mitarbeitern an Hand von zahlreichen Tierversuchen entwickelt. Seit 1962 wird die Einscheidung mit Millipore auch beim Menschen mit Erfolg angewandt.

Es handelt sich um eine Membran aus Celluloseacetat, die als monomolekularer Film auf ein Nylonnetz aufgebracht ist. Die Fläche der Kunststoffmembran besteht zu 80 % aus Poren mit einem Durchmesser von 0,45 μ . Damit sind die Poren groß genug, um einen Stoffaustausch zu ermöglichen, aber auch klein genug, um den Durchtritt von Zellen, insbesondere von Fibroblasten zu verhindern. Durch eine relativ hoch gehaltene Durchströmungsrate von 65 ml Wasser/ccm und Std. wird eine gute Ernährung des Nervengewebes erreicht.

Wesentlich ist hier ebenfalls, daß die Operation sehr exakt durchgeführt wird. Millipore darf auf keinen Fall verunreinigt sein. Sehr genau ist zu beachten, daß die Filtermembran im Bereich der Nervennaht keine Abknickung erfährt. Dadurch würden in der empfindlichen Membran Risse entstehen, durch die dann Fibroblasten einwandern könnten. Um das zu vermeiden, kann die Millipore-Membran eventuell in mehreren Lagen um den Nerven gelegt werden, was besonders bei der Einscheidung längerer Stücke zu raten ist.

Die Nähte zur Fixierung der Membran werden circular angelegt. Sie dürfen aber auf keinen Fall das Gewebe einschnüren. Man näht ebenfalls mit schwarzer Seide von der Dicke 6-0 oder 7-0, unbedingt auch unter der Sicht durch die Lupenbrille.

Nach der Einscheidung mit Millipore ist gewöhnlich eine längere Ruhigstellung erforderlich, als dies nach einfachen Nervennähten der Fall ist. Durch zu frühe Bewegung der Hand könnte es durch Knickung der Membran zu Rissen kommen und damit zu späterer Vernarbung.

Bei Nervennähten mit Milliporeumhüllung stellt man die operierte Hand für ca. 6 Wochen in einer Gipsschiene ruhig, bei Nerventransplantaten mit Millipore-Umhüllung sind 12 - 16 Wochen nötig. Auch hier schließt sich nach Entfernung der Gipsschiene eine vorsichtige Bewegungstherapie an.

Die Millipore-Membran wird einige Zeit nach Abnahme der Gipsschiene wieder entfernt, denn es hat sich gezeigt, daß sie nach ungefähr einem halben Jahr verkalkt und dadurch undurchlässig und brüchig wird.

Das führt zu mangelhafter Ernährung, aber auch zu mechanischer Irritation mit Drucknekrosen. Die anfängliche Methode, die Membran nach einem halben Jahr zu entfernen, hat sich als zu spät erwiesen, daher wählt man heute dafür einen möglichst frühen Zeitpunkt.

5. Die Überbrückung größerer Nervendefekte

Besonders bei Quetsch- und Schußwunden ergeben sich häufig so große Nervendefekte, daß eine Naht End zu End nicht möglich ist. Für die Vereinigung der Nervenstümpfe kommen dann folgende Methoden in Frage:

a) Der Nerv kann zentral vom Defekt eine weitere Strecke freigelegt und mobilisiert werden, ohne daß die ernährenden Gefäße abgelöst werden. Die Nerven-naht wird bei entspannten Gelenken durchgeführt; der mobilisierte Nerv wird durch anschließende vorsichtige Nachbehandlung langsam gedehnt und der Arm somit wieder in seine normale Stellung gebracht.

b) Man kann für den Nerven eine kürzere Verlaufsstrecke herstellen, indem man ihn in die Ellenbeuge vorverlagert. Der Nervus Medianus zum Beispiel wird am Oberarm durch das Unterhautfettgewebe geleitet und dann vor den Musculus pronator teres geführt.

Den Nervus Ulnaris kann man in die Ellenbeuge zwischen die Musculi flexores digitorum communis verlagern.

Auf diese Weise können sich in günstigen Fällen Defekte bis zu 10 cm überbrücken lassen.

c) Eine weitere Möglichkeit stellte die Nervendehnung dar. Man mobilisiert die Nervenenden und näht den Nerven zunächst End zu End bei gebeugtem Gelenk. Nach 3 - 4 Wochen wird das Gelenk allmählich gestreckt, wobei der Nerv gedehnt wird. In einer zweiten Operation werden dann die verdickten Stümpfe reseziert und eine spannungslose End-zu-End-Naht durchgeführt.

d) Das Transplantat.

Bereits 1870 unternahmen PHILIPPEAUX und VULPIUS Versuche, Nervendefekte durch Autotransplantate zu überbrücken. Die Erfolge waren recht ermutigend, während ALBERT, der 1878 erstmals Homoiotransplantate verwendete, weniger gute Ergebnisse erzielte. Der Grund dafür war, daß das Transplantat bereits bindegewebig ersetzt wurde, bevor es überhaupt von Neurofibrillen durchwachsen war.

1918 konnte RENIETS recht gute Homoiotransplantate durchführen. Er bildete um das Transplantat eine frei transplantierte autoplastische Fettmanschette. Trotzdem hat sich seine Methode wenig durchgesetzt.

Nach dem ersten Weltkrieg konnte HUBER erfolgreiche Autotransplantate durchführen, weniger gut gelangen die Homoiotransplantate.

Auch Versuche mit Tiefkühlung oder chemischer Behandlung der Transplantate, Injektionen von Cortison und Antimetaboliten schlugen weitgehend fehl.

BALANCE und DUEL verwendeten 1931-36 vorpräparierte Autotransplantate bei Defekten des Nervus facialis.

Auch BÖHLER hatte zunächst noch keinen Erfolg mit Homoiotransplantaten beim Menschen, wohl aber bei Tieren. Wesentlich besser waren die Ergebnisse bei Autotransplantaten.

Erst mit Anwendung der Millipore-Membran waren die geeigneten Bedingungen für das Gelingen einer Transplantation gegeben. Besonders BÖHLER verdanken wir auf diesem Gebiet die ersten wesentlichen Erkenntnisse.

Als Transplantate werden Nerven gleichen Durchmessers benutzt oder auch ein ebenso dickes Kabeltransplantat, das aus dem Nervus ischiadicus oder aus dem Nervus suralis herausgetrennt werden kann. Sofern sie nicht sofort übertragen werden, werden die Nerven lyophilisiert oder bei -78°C kältekonserviert.

Nach einiger Zeit verfallen auch die Transplantate der Wallerschen Degeneration, inzwischen aber dienen sie den hervorsprossenden Achsenzylindern des zentralen Stumpfes als Leitlinie. Durch die Millipore-Umscheidung konnte auch die Regenerationsgeschwindigkeit gegenüber den bisherigen Erfahrungen erhöht werden.

In günstigen Fällen kann man auf diese Weise Defekte bis zu 9 cm überbrücken.

F. DER ZEITPUNKT DER NERVENNAHT

Wenn ein Nerv vollständig durchtrennt ist, besteht die Indikation zur Nerven-
naht. Diese kann als Sofortnaht, als Fröhnnaht oder als Spätnaht durchgeführt
werden.

1. Die Sofortnaht

Die Sofortnaht wird im Rahmen der primären Wundversorgung vorgenommen.
Zu diesem Zeitpunkt sind die Nervenenden noch nicht verschwielt, so daß nur
ein verhältnismäßig kurzes Stück an den Enden reseziert werden muß. Dadurch
kann man die Sofortnaht mit dem kleinstmöglichen Defekt durchführen.

Der Nerv ist nur für wenige Stunden in seinem Verlauf unterbrochen. Dadurch
ergeben sich gute Heilungschancen. Außerdem besteht die Möglichkeit, daß
der periphere Stumpf entsprechend der Theorie von SCHIEFF (1853) nicht erst
degeneriert, sondern sofort den Anschluß an den zentralen Stumpf findet.

Ein weiterer Vorteil der Sofortnaht ist die relativ kurze Behandlungszeit für den
Patienten. Da die verletzte Hand nach der primären Wundversorgung auf jeden
Fall für einige Zeit in der Gipsschiene fixiert werden muß, erspart man sich
durch eine Sofortnaht sowohl eine zweite Operation, als auch eine erneute
Ruhigstellung.

Dagegen gibt es bei der Sofortnaht auch ausgesprochene Nachteile. Die frisch
verletzte Wunde ist meist sehr unübersichtlich, so daß die Vereinigung der Ner-
venenden oft nur sehr ungenau erfolgen kann. Häufig treten kurze Zeit nach
der Primärversorgung so ausgedehnte Vernarbungen auf, daß der Nerv in Schwie-
lengewebe eingebettet und dadurch funktionsuntüchtig wird.

Das Allgemeinbefinden des Patienten kurz nach der Verletzung ist oft nicht so
gut, daß eine ausgedehnte Operation für ihn zu empfehlen wäre. Auch ist in
vieler Fällen eine Infektion der frischen Wunde zu befürchten, die die Nerven-
naht sinnlos machen würde.

Aus diesen Gründen entschließt man sich häufig zur Fröhnnaht. Die Sofortnaht
wird lediglich bei glatten Schnittverletzungen ohne starke Verunreinigung durch-
geführt.

Sehr oft werden die primären Wundversorgungen in kleinen Krankenhäusern vor-
genommen, die weder das Instrumentarium für eine Nerven- naht besitzen, noch

Erfahrungen auf diesem Gebiet haben. Auch in diesen Fällen ist es ratsam, von einer Sofortnaht abzusehen und den Patienten zur Nervennaht in eine größere Klinik zu schicken. Von Vorteil ist es dann, bei der Primärversorgung die Nervenenden mit rostfreiem Stahldraht aneinander zu legen.

2. Die Fröhnahrt

Die Fröhnahrt wird 3 - 4 Wochen nach dem Unfall durchgeführt. Die Ausführung der Nervennaht ist jetzt wesentlich erleichtert, da das perineurale Bindegewebe auf die Verletzung mit einer Schwellung reagiert hat und nun besser sichtbar ist. Da die Wunde primär geheilt ist, kann man sich ein übersichtliches Operationsfeld verschaffen. Auch braucht man eine Infektion nicht mehr zu fürchten. Hat sich bereits nach der Erstversorgung eine Infektion ausgebreitet, so ist es günstig, sie durch Penicillin abzukürzen, damit die Nervennaht nicht zu weit herausgeschoben werden muß.

Die Fröhnahrt wird auf jeden Fall durchgeführt, wenn es sich um unübersichtliche oder verschmutzte Wunden handelt, bei ausgedehnten Quetschungen und Gewebdefekten. Natürlich gibt es hier viele fragwürdige Zwischenfälle, und die Meinungen der Chirurgen, ob die Sofortnaht oder die Fröhnahrt mehr anzustreben sei, gehen auseinander. Neben ausgesprochenen Vertretern der Sofortnaht (MOBERG, NIGST, SEDDON) gibt es Chirurgen, die die Sekundärnaht für günstiger halten (BUNNEL, BÖHLER).

3. Die aufgeschobene Dringlichkeit der Wundversorgung

Von ISELIN wurde der Begriff der "aufgeschobenen Dringlichkeit der Wundversorgung" geprägt und angewandt.

Das heißt: Die Dringlichkeit der Operation besteht für den Patienten, doch wird die Operation aufgeschoben, bis der Patient in bestmöglichem Zustand ist. Dann wird eine totale Wiederherstellungsoperation durchgeführt, also alle eventuell zerstörten Gebilde werden gleichzeitig wieder hergestellt. In der Zeit bis zur Operation wird der Patient gründlich auf den großen Eingriff vorbereitet. Die Vorbereitung betrifft zum einen die örtliche Behandlung, zum anderen die allgemeine Pflege.

a) Die örtliche Behandlung besteht zunächst in der Reinigung der Haut bzw. der ganzen Gliedmaße. Die Wunde wird eine viertel Stunde lang in einer sterilen Cetavlonlösung gebadet. Danach wird ein steriler Cetavlon-Verband angelegt und der Arm auf einer Schiene gelagert.

Eventuell können im Rahmen der örtlichen Behandlung auch einleitende Operationen nötig sein, die man nicht aufschieben kann. Dazu gehören zum Beispiel

Nähte von Gefäßen. Entfernung von Fremdkörpern oder Beseitigung von Verrenkungen, die Gefäße oder Nerven schädigen könnten. Jedoch werden keine auf-schiebbaren Wiederherstellungsoperationen durchgeführt.

b) Neben dieser Wundbehandlung ist die allgemeine Vorbereitung des Patienten von Bedeutung. Sie verfolgt im wesentlichen drei Ziele:

- I) Die Verhinderung einer Allgemeininfektion durch Gabe von Antibiotika
- II) Die Wiederherstellung der normalen Blut-Plasma- und Elektrolytverhältnisse
- III) Verhinderung von Versteifungen

Die Behandlung des Patienten erfolgt mit besonders guter, proteinreicher Ernährung, Vitamin-C-Gaben, Verabreichung von Beruhigungsmitteln zur allgemeinen und vegetativen Dämpfung.

Der Zeitpunkt der Operation wird individuell verschieden festgesetzt, je nach dem Allgemeinzustand des Patienten. ISELIN setzt als untere Grenze 24 Std., was bei Patienten mit sauberen Wunden und gutem Allgemeinzustand in Frage kommt. Dagegen kann man bei infizierten Wunden zu einer Wartezeit von 8 Tagen gezwungen sein. Das Maximum der Operation liegt bei 3 - 5 Tagen. Während dieser Zeit ist der Verband täglich zu wechseln und die Wunde zu prüfen. Die Operation wird dann durchgeführt, wenn sich die Nekrosen gut abgezeichnet haben.

Das Ziel der Dringlichkeitsversorgung mit aufgeschobener Operation besteht darin, daß man die gesamte Wiederherstellung in einer Operation durchführen kann. Dazu ist der Patient aber erst nach dieser intensiven Vorbereitung in der Lage. Selbstverständlich wird die "aufgeschobene Dringlichkeit" der Wundversorgung nur bei schweren Verletzungen durchgeführt. Sie ist kontraindiziert bei leichten Wunden oder bei Knochenbrüchen.

Durch die aufgeschobene Operation wird dem Patienten eine eventuell sonst nötige Sekundäroperation erspart, da nach einigen Tagen alle Funktionsausfälle klargestellt werden können.

4. Die Spätnaht

Auch die Spätnaht kann bewußt angestrebt werden. Das ist zum Beispiel bei offenen, durch stumpfe Traumen entstandenen Wunden der Fall. Hier bildet sich soviel schwieriges Narbengewebe, daß mit einer Wiederkehr der Leitfähigkeit eines durchtrennten Nerven nicht gerechnet werden kann. Auch wenn der Nervendefekt so groß wird, daß ein Transplantat nötig ist, entscheidet man sich für die Spätnaht. Gelegentlich wird es notwendig, zunächst durch eine gestielte

Hautplastik ein gesundes Unterhautfettgewebe zu schaffen, in dem der Nerv geschützt liegt. Die Nerven-naht sollte dann innerhalb der ersten 6 Monate nach dem Unfall durchgeführt werden.

In den weitaus meisten Fällen ist man aber zur Spätnaht gezwungen, weil der Nerven-ausfall anfangs nicht beachtet wird und der Patient erst spät in der chirurgischen Sprechstunde erscheint.

Die Spätnaht wird immer von geringerem Erfolg sein als die Sofort- oder die Frühnäht. Man kann noch relativ gute Ergebnisse erzielen, wenn die Operation rechtzeitig durchgeführt wird. Erfahrungsgemäß sind die Erfolgschancen nach 6 Monaten nur noch gering, nach 15 Monaten ausgesprochen schlecht zu beurteilen.

Bevor man sich zur Spätnaht eines motorischen Nerven entschließt, prüft man im Elektromyogramm die galvanische Erregbarkeit der betroffenen Muskulatur. Nach Durchtrennung eines Nerven nimmt die indirekte Erregbarkeit der Muskulatur innerhalb von einer Woche schnell ab, die direkte Erregbarkeit bleibt noch lange erhalten, wenn sie auch entartet und träge verläuft. Nach ungefähr einem Jahr verfällt der Muskel der fibrösen Degeneration, die Naht des zugehörigen Nerven nach so langer Zeit wird also sinnlos.

Sensible Nerven können notfalls noch später genäht werden, wenn auch die Erfolgschancen sehr verringert sind. BUNNEL gibt noch gute Ergebnisse bei der Naht sensibler Nerven 6 Jahre nach dem Unfall an.

G. OPERATIONSERGEBNISSE

Der Erfolg einer Nervennaht ist von mehreren Faktoren abhängig.

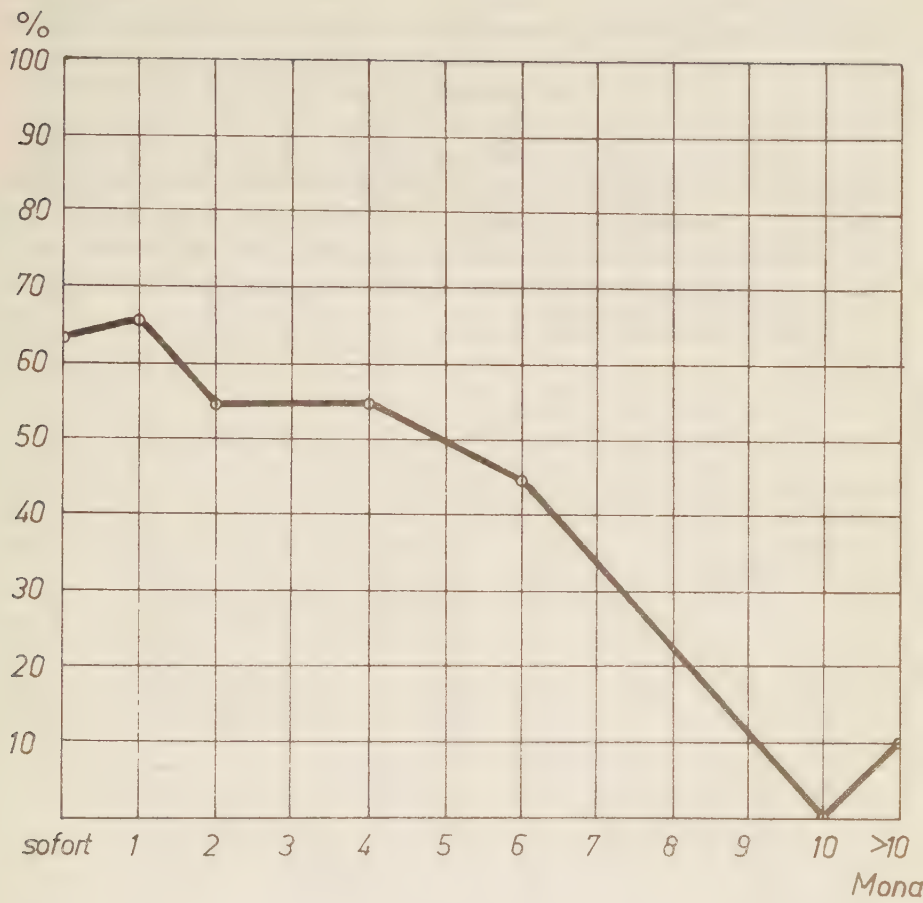
1. Der Einfluß des Zeitpunktes der Nervennaht

Die Ergebnisse sind bei der Sofortnaht und bei der Frühnaht etwa gleich, bei der Spätnaht dagegen wesentlich schlechter.

An der Universitätsklinik München konnten von den in den Jahren 1958 bis 1962 operierten Patienten 51 Fälle nachuntersucht werden. Dabei handelt es sich um 8 Sofortnähte, 8 Frühnähte und 35 Spätnähte. Bei 23 Patienten konnte eine Wiederherstellung der Nervenleitung festgestellt werden, davon war bei 18 Patienten auch die taktile Gnosis wiedergekehrt.

Bei 5 der 8 sofort durchgeführten Operationen war ein ausgezeichneter Erfolg zu verzeichnen; von den 8 Frühnähten waren es sogar 6. Dagegen konnten von den 35 Spätnähten nur 12 Patienten als vollständig oder fast vollständig wiederhergestellt angesehen werden.

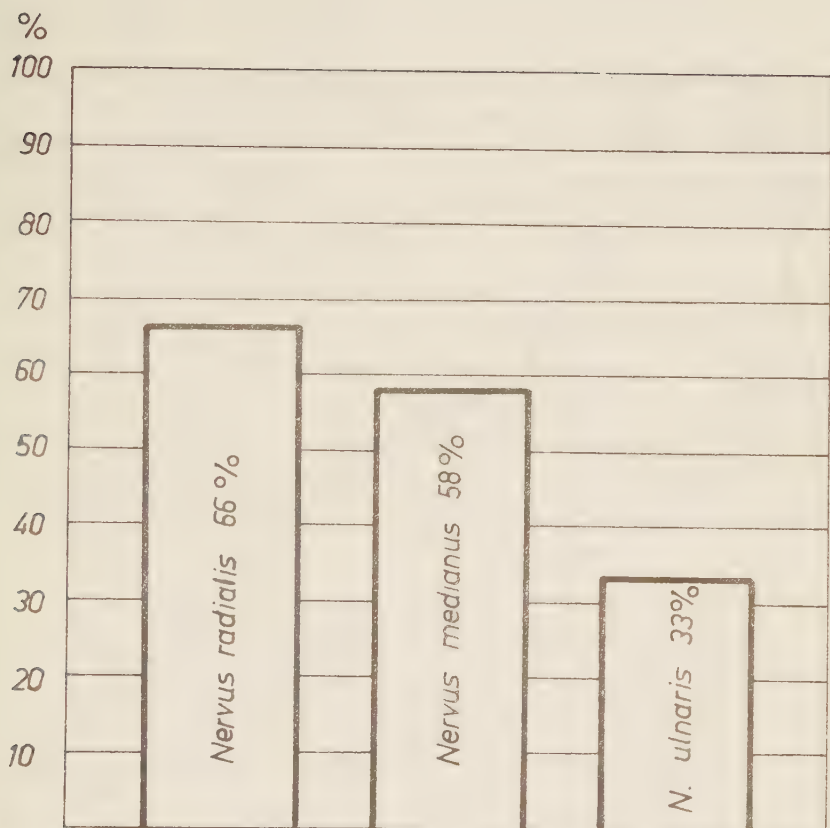
In einer monatlichen Aufteilung der Zeit vom Unfall bis zur Operation zeigt sich, daß bis zum 6. Monat die Ergebnisse noch relativ gut sind, bis zum 10. Monat beträchtlich absinken und danach ausgesprochen schlecht werden.



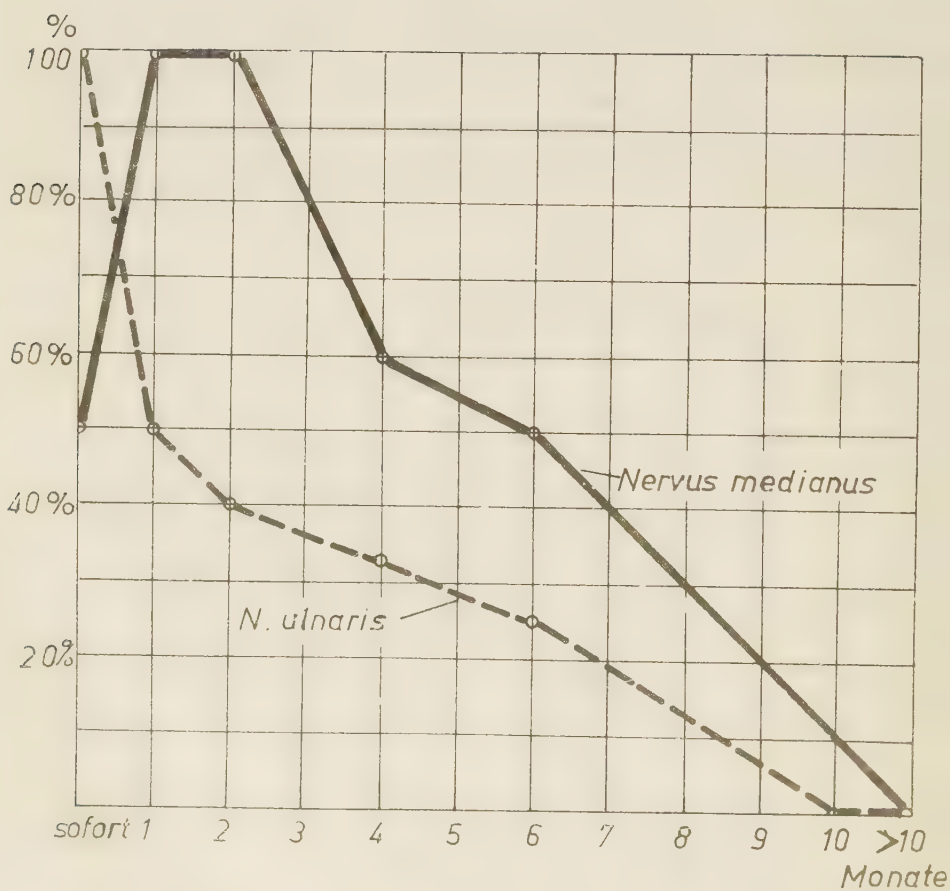
Die Abhängigkeit des Operationsergebnisses vom
Zeitraum zwischen Verletzung und Operation

2. Die Abhängigkeit des Ergebnisses von der Art des Nerven

Die Art des Nerven spielt eine sehr wesentliche Rolle. Wir wissen, daß die Nähte des Nervus radialis die beste Prognose haben. Weniger günstig sind die Verhältnisse beim Nervus medianus, noch schlechter beim Nervus ulnaris. Bei kombinierten Medianus- und Ulnarisverletzungen hat es sich gezeigt, daß häufig die Naht des einen Nerven gelingt, während der andere Nerv nicht regeneriert. Von 5 kombinierten Medianus- und Ulnarisverletzungen war bei einem Patienten die Naht, die allerdings erst 11 Monate nach dem Unfall durchgeführt wurde, erfolglos. Eine weitere Patientin, die nach 5 Monaten operiert wurde, wies in den Versorgungsgebieten beider Nerven eine Hyposensibilität auf. Bei 2 Patienten war nur eine Regeneration des Nervus ulnaris, bei einer Patientin nur die des Nervus medianus nachzuweisen.



Die Operationserfolge bei den einzelnen Nerven.

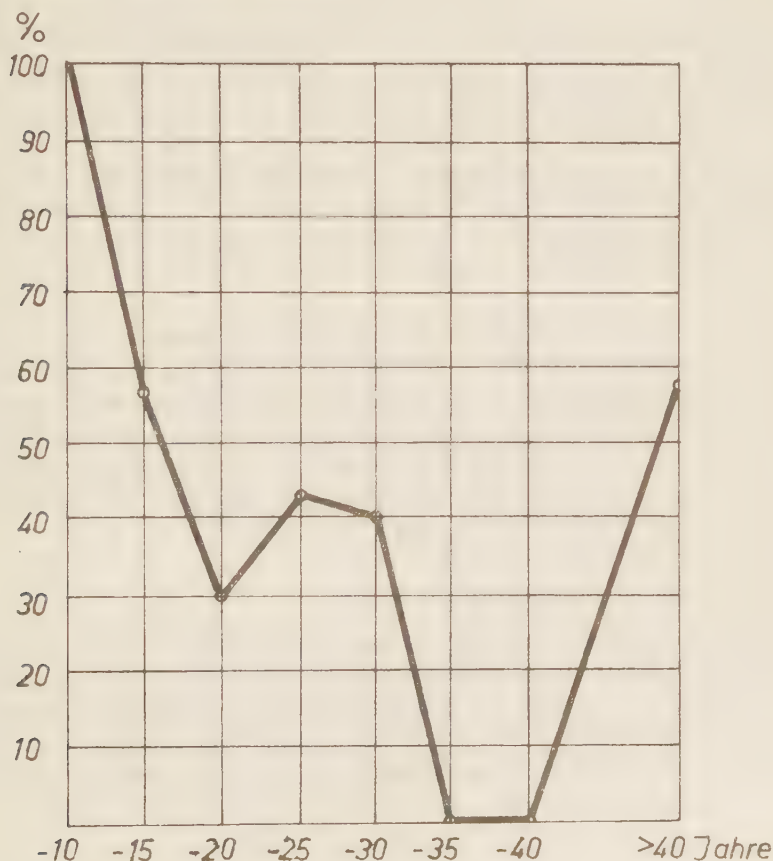


Die Operationsergebnisse beim Nervus medianus und Nervus ulnaris in Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Operation.

3. Die Abhängigkeit des Operationserfolges vom Alter des Patienten

Von entscheidendem Einfluß ist auch das Alter des Patienten. Während bei Kindern die Erfolge ausgezeichnet sind, sinken sie schon bei Jugendlichen zwischen 10 und 15 Jahren ab.

Beachtenswert sind bei den Nachuntersuchungen die relativ guten Erfolge bei Patienten über 40 Jahren. Bei 16 Patienten wurden Nervennähte durchgeführt, davon waren 8 erfolgreich. Es handelt sich bei 6 Patienten um Sofort- oder Fröhnähte und bei 2 Patienten um Spätnähte, die aber schon 4 Monate nach dem Unfall durchgeführt wurden. Unter den negativ ausgefallenen Operationen waren 3 Sofort- oder Fröhnähte, die übrigen Spätnähte.



Der Einfluß des Alters auf das positive Ergebnis.

Es zeigt sich also, daß auch bei älteren Patienten eine Nervennaht durchaus von Erfolg sein kann, wenn sie rechtzeitig durchgeführt wird.

4. Vergleich der Ergebnisse bei männlichen und weiblichen Patienten

Nervendurchtrennungen findet man wesentlich häufiger bei Männern als bei Frauen. Unter 51 Patienten waren nur 11 Frauen oder Mädchen. Sie wurden zu 80 % mit ausgezeichnetem Erfolg operiert, während bei den männlichen Patienten nur 40 % gute Ergebnisse zu verzeichnen waren. Dies erklärt sich aber daraus, daß bei fast allen Frauen und Mädchen Früh- oder Sofortnähte durchgeführt werden konnten.

5. Die Abhängigkeit der Ergebnisse von der Höhe der Durchtrennung des Nerven

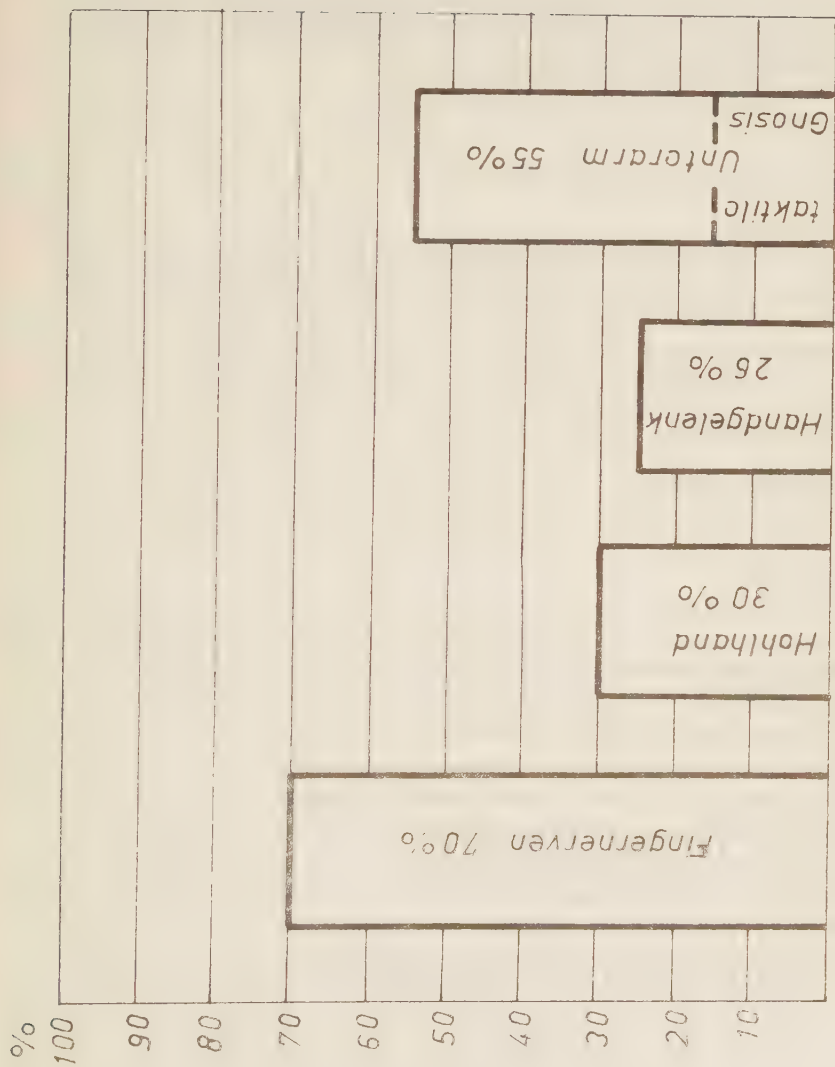
Je weiter in der Peripherie die Durchtrennung eines Nerven erfolgt, desto besser sind die Aussichten, durch eine Naht eine Regeneration des Nerven zu erreichen.

70 % aller Fingernerven wurden geheilt, trotzdem die Nervennähte zum Teil sehr spät durchgeführt wurden. An der Hohlhand waren es nur 30 %, am Handgelenk 26 %, am Unterarm dagegen 55 %, doch konnte von 6 geheilten Patienten nur bei einem die taktile Gnosis wiederhergestellt werden.

Die Dauer bis zur Rückkehr der Funktion eines genähten Nerven ist ebenfalls verschieden. Bei Verletzungen am Handgelenk muß man mit ungefähr 13 Monaten rechnen, an der Hohlhand mit 4 bis 7 Monaten, an den Fingergrundgliedern mit 2 bis 3 Monaten, an den Fingermittelgliedern mit ungefähr 1 1/2 Monaten. Die Dauer vom Unfall bis zur Operation hat keinen Einfluß auf die Regenerationszeit. Einen geringen Einfluß soll das Alter des Patienten haben, doch ist dies nicht deutlich genug, um daraus eine Prognose stellen zu können.

6. Die Ergebnisse bei Nerventransplantationen

Die Erfolge bei Homoiotransplantationen waren zunächst entmutigend. Jedoch nach Einführung der Millipore-Umscheidung konnte BÖHLER, der auf diesem Gebiet die meisten Erfahrungen hat, 75 % der Transplantate erfolgreich durchführen; damit waren die Ergebnisse besser als bei einfachen Nervennähten. Bei Nervennähten mit Millipore-Umscheidung konnten sogar Erfolge bis zu 90 % festgestellt werden.



Die Operationsergebnisse an den verschiedenen Verletzungsstellen.

KASUISTIK

Aus dem Krankengut der Chirurgischen Universitätsklinik München wurden 3 Fälle herausgegriffen und beschrieben. Sie sollen ein Bild über den Verlauf einer Nervennaht und ihren Erfolg vermitteln.

N. medianus

St. Franz, geb. 17. 3. 1953, Schüler

Anamnese:

Im April 1961 fiel der Patient beim Spielen die Treppe herunter. Er fiel mit der linken Hand in eine Glasscheibe und zog sich eine tiefe Schnittwunde am linken Handgelenk zu. Nach der chirurgischen Erstversorgung verheilte die Wunde gut, es zeigte sich jedoch ein Sensibilitätsausfall am 2. und 3. Finger der linken Hand. Der Patient wurde daher am 22. 6. 1961 zur Nervennaht in die Chirurgische Universitätsklinik geschickt.

Diagnose:

Durchtrennung des Nervus medianus in Höhe des linken Handgelenkes.

Operation:

Am 23. 6. 1961 wird eine partielle Naht des N. medianus in pneumatischer Blutsperre am Oberarm links durchgeführt. Die Narbe über die Beugeseite des linken Handgelenkes wird in zentraler Richtung ausgeschnitten. Die Incision wird über der radialen Unterarmseite zentralwärts fortgesetzt. Nach Spaltung der Fascie und Resection der schwierig veränderten Sehne des M. palmaris longus wird der N. medianus dargestellt. In Höhe der alten Verletzung zeigen sich mehrere schwarze Seidenfäden an der Oberfläche und im Zentrum des Nerven. Lediglich die radialen Fasern sind intakt, die übrigen Nervenbündel sind schwierig verändert. Es erfolgt eine V-förmige Teilresection des Nerven, bis in zentraler und peripherer Richtung normale Bündel sichtbar sind. Die Schnittflächen werden mit perineuralen Nähten vereinigt. Nach Abnahme der Blutsperre und Blutstillung wird die Wunde durch U-Nähte verschlossen. Abschließend wird ein elastischer Kompressionsverband mit dorsaler Gipsschiene für 3 Wochen angelegt. Das schwierig veränderte Gewebe wird zur histologischen Untersuchung eingeschickt. Es zeigt sich zum Teil hyalinisiertes Narbengewebe mit großen und kleinen Fadengranulomen. Diese zeigen reichlich mehrkernige Riesenzellen, Makrophagen, Lymphozyten und wenige Leukozyten.

Der Patient wurde am 24. 6. 1961 entlassen, da keine postoperativen Komplikationen auftraten.

Bei der Nachuntersuchung 1964 zeigt es sich, daß die Sensibilität der betroffenen Finger vollständig wiederhergestellt ist. Nach Angabe des Patienten war die Regeneration des Nerven nach ungefähr einem halben Jahr beendet. Als Restzustand der Verletzung ist lediglich ein Neurom an der sonst reizlosen Narbe zu sehen, das dem Patienten keine Beschwerden macht. Es besteht keine Hyposensibilität, auch keine trophischen Störungen und keine Temperaturempfindlichkeit.

N. ulnaris

St. Franz, geb. 8.8.1931, Kraftfahrer

Anamnese:

Am 21.4.1961 stieß der Patient versehentlich mit der rechten Hand durch die Glasscheibe einer Tür. Dabei zog er sich eine Schnittwunde am rechten Handgelenk zu. Die Wundversorgung wurde sofort in einem auswärtigen Krankenhaus vorgenommen. Später zeigte sich, daß am 4. und 5. Finger keine Sensibilität mehr bestand und daß beide Finger nicht mehr gebeugt werden konnten.

Daher wurde der Patient zur Wiederherstellungsoperation nach München überwiesen.

Diagnose:

Alte Schnittverletzung über der ulnaren Seite des rechten Handgelenkes mit **Durchtrennung des N. ulnaris.**

Operation:

Am 26.10.1961 wird die Naht des N. ulnaris durchgeführt. Durch eine Standardincision über der ulnaren Mittelhand- und Unterarmseite wird der N. ulnaris freigelegt. Das Gewebe ist in Höhe der Sehne des M. flexor carpi ulnaris stark verschwielt; es wird entfernt. Nach Spaltung der Unterarmfascie wird der N. ulnaris dargestellt. In der Mittelhand werden nach Spaltung des M. palmaris brevis die sensiblen Äste des N. ulnaris und der Ramus profundus freigelegt. Damit kann die Verletzungsstelle in Höhe der proximalen Handbeugefurche von beiden Seiten aus freigelegt werden. Quere Einschnitte zeigen, daß hier Nervenkel durch Schweißengewebe ersetzt sind. Der Nerv wird in 2 cm Länge reseziert, bis Nervenkel sichtbar werden. Beide Enden werden spannungslos End zu End mit zwei fortiaurenden Nähten anastomosiert. Nach Abnahme der Blutsperr und Blutstillung wird ein elastischer Kompressionsverband mit dorsaler Gipsschiene für 3 Wochen angelegt.

Der Patient kann am 27. 10. 1961 entlassen werden.

Da die Beweglichkeit des 5. Fingers nicht wiederhergestellt werden konnte, wurde am 20. 6. 1962 eine Nußbaum-Bunnel-Plastik an diesem Finger durchgeführt. Am 30. 10. 1962 erfolgte die Arthrodesse des Mittelgelenkes am 5. Finger rechts.

Bei der Nachuntersuchung im Jahre 1965 zeigt sich deutlich eine Hypo-sensibilität der beiden betroffenen Finger. Der Patient gibt an, daß sich der Zustand seit der Operation nicht gebessert habe. Es bestehen auch trophische Störungen, die beiden Finger sind trockener und kälter als die übrige Hand, die Fingerkuppen sind glatt, bei Kälte treten auch Schmerzen auf. Die taktile Gnosis ist selbstverständlich auch nicht möglich. Durch die 1962 durchgeführte Arthrodesse besteht auch eine Bewegungsbehinderung.

N. radialis

M. Siegfried, geb. 26. 10. 1945, Maschinenschlosser

Anamnese:

Am 24. 10. 1960 geriet der Patient beim Arbeiten an einer Schleifmaschine mit dem linken Daumen in die Schleifscheibe. Die Wundversorgung wurde sofort in einem auswärtigen Krankenhaus vorgenommen. Nach Heilung der Wunde konnte der Patient den Daumen nicht beugen, und die Sensibilität war erloschen. Der Patient wurde daher zur Wiederherstellungsoperation nach München überwiesen.

Diagnose:

Alte Schnittverletzung über der radialen Seite des linken Daumens mit Durchtrennung des N. radialis.

Operation:

Am 24. 3. 1961 wird die Naht des N. radialis durchgeführt. An der radialen Seite des linken Daumens wird mit Längsschnitt eingegangen und der Schnitt bis über die Beugeseite des Grundgliedes fortgesetzt. Hier wird die derbe, querverlaufende Narbe umschnitten und das verschwiebte Gewebe entfernt. Es zeigt sich, daß beide Fingernerven durchtrennt sind. Die Enden werden aufgefrischt und mit je 2 perineuralen Nähten End zu End vereinigt. Anschließend wird noch die Naht der durchtrennten Sehne des M. flexor pollicis longus durchgeführt. Ein elastischer Kompressionsverband mit dorsaler Gipschiene für 3 Wochen wird angelegt.

Der Patient kann am 24. 3. 1961 entlassen werden.

Bei der Nachuntersuchung 1964 kann der Patient als fast geheilt angesehen werden. Nach seinen Angaben hat die Regeneration des Nerven ungefähr ein halbes Jahr nach der Operation eingesetzt. Heute besteht nur in einem kleinen Gebiet an der Daumenkuppe eine Hyposensibilität, die taktile Gnosis ist nicht wiedergekehrt, auch bestehen geringe Schmerzen bei Kälte.

ZUSAMMENFASSUNG

Einleitend wird der anatomische Verlauf der Arm- und Fingernerven beschrieben und ihre Versorgungsgebiete gezeigt.

Der Nachweis der Funktion der Armnerven beruht auf den deutlichen Ausfallserscheinungen bei ihrer Durchtrennung. Zur Prüfung der Sensibilität wird ein Haar oder eine Nadel verwendet. Bei der Untersuchung der Trophik hat sich in den letzten Jahren der Ninhydrintest durchgesetzt. Zum Nachweis der Motorik bedient man sich heute der Elektromyographie.

Durchtrennungen dieser Nerven sind im Verhältnis zu der hohen Zahl der Handverletzungen relativ selten anzutreffen. Die Ursachen für Nervendurchtrennungen sind meist Schnittverletzungen, alle anderen Möglichkeiten der Nervenschädigungen (Verbrennungen, Erfrierungen, Durchblutungsstörungen, Stoffwechselstörungen, toxische Einwirkungen und Geschwülste) sind nur sehr selten zu finden.

Bei Durchschneidung eines Nerven verfällt der distale Stumpf der Wallerschen Degeneration; jedoch ist eine Wiederherstellung der Nervenfunktion möglich, indem die Neuriten der zentral liegenden Nervenzellen in die Peripherie aussprossen können. Als Leitlinien dienen die Schwannschen Scheiden des abgetrennten Nervenstücks.

Diese Regeneration wird durch die Nervennaht angestrebt. Die Durchführung einer Nervennaht erfordert viel Erfahrung und sollte nur geübten Handchirurgen vorbehalten bleiben. Für das Gelingen einer Nervennaht sind übersichtliche Wundverhältnisse Voraussetzung. Man operiert mit kleinsten Instrumenten und feinem Nahtmaterial, teilweise wird zur besseren Sicht die Lupenbrille oder das Operationsmikroskop benötigt. Die Anaesthetie richtet sich nach der Schwere des Falles; man operiert in völliger Blutleere. Die beiden Enden des durchtrennten Nerven werden mobilisiert, bis frische Nervenkelkel sichtbar sind, dann spannungslos aneinandergelegt und mit feinen perineuralen Nähten miteinander vereinigt. Eine neue und aussichtsreiche Methode der Vereinigung der beiden Nervenstümpfe ist das Kleben von Nerven. Zur Verbesserung der Ergebnisse bei Nervennähten hat sich die Einscheidung der Nahtstelle mit einer Milliporemembran durchgesetzt.

Zur Überbrückung größerer Nervendefekte gibt es außer den Autotransplantationen mit Einscheidung durch eine Milliporemembran noch die Möglichkeit der Mobilisierung des zentralen Nervenstumpfes. In bestimmten Fällen kann man den

Nerven von der Streckseite auf die Beugeseite vorverlagern. Eine weitere Möglichkeit bietet die Nervendehnung.

Die Wahl des Zeitpunktes spielt bei der Nervennaht eine wesentliche Rolle. Man unterscheidet die Sofortnaht, die Frühnaht und die Spätnaht, außerdem wurde die von ISELIN vertretene "aufgeschobene Dringlichkeit der Wundversorgung" viel diskutiert. In bestimmten Fällen ist die Frühnaht der Sofortnaht vorzuziehen. Die Ergebnisse sind als praktisch gleich gut anzusehen. Die Spätnaht sollte nur in seltensten Fällen angestrebt werden, da die Ergebnisse sich wesentlich verschlechtern. Die "aufgeschobene Dringlichkeit der Wundversorgung" ist anzuwenden, wenn es sich um schwere Verletzungen handelt, die mit einer Sofortoperation nicht zu beherrschen sind.

Für das Ergebnis einer Nervennaht ist außerdem ausschlaggebend, in welcher Höhe der Nerv durchtrennt war, um welchen Nerven es sich handelte und welches Alter der Patient hatte.

Die Ergebnisse bei Nerventransplantationen mit Milliporeumscheidung sind von BÖHLER als ebenso gut wie bei einfachen Nervennähten beschrieben worden.

Mein besonderer Dank gebührt dem Direktor der
Chirurgischen Universitätsklinik München,
Herrn Professor Dr. Dr. R. ZENKER, für die Erlaub-
nis, in seiner Klinik die nötigen Fälle untersuchen
zu dürfen.

Sehr herzlich möchte ich Herrn Oberarzt Priv. -Doz.
Dr. A. Meyer danken, der mir das Thema überließ
und dessen wertvollen Rat ich jederzeit einholen konnte.

LITERATUR

1. ASAL, W. :
Der Handoperationstisch.
Der Chirurg 1959, S. 142
2. BÖHLER, J. :
Nervennaht und homoioplastische Nerven-
transplantation mit Milliporeumscheidung.
Vortrag vom 28.4.1962, Deutscher Chirurg-
kongress München
3. BÖHLER, J. :
Weitere Erfahrungen mit der Mikrofilter-
umscheidung von Nervennähten und von
homoioplastischen Nerventransplantaten.
Vortrag auf der 80. Tagung der Deutschen
Gesellschaft für Chirurgie 1963
4. BUNNEL - BÖHLER:
Die Chirurgie der Hand.
Wilhelm-Maudrich-Verlag Wien 1958/59
5. DEMME, H. :
Periphere Nervenschäden.
Fortschritte der Medizin, Würburg, 1960
6. FERCHLÄNDER, Ch. :
Wiederherstellungsoperationen bei
irreparablen peripheren Nervenlähmungen
am Arm.
München 1964
7. FREILINGER, G. :
Die aufgeschobene Dringlichkeit bei der
operativen Behandlung von Handverletzungen.
Chirurg. Praxis 1961, Nr. 1
8. GEORG, H. :
Vortrag auf der 2. Tagung der Deutschen
Gesellschaft für plastische und Wiederher-
stellungschirurgie Heidelberg 1964
9. GERL, H. :
Heilerfolge bei Nervennähten.
München 1952.
10. HAINZL, H. :
Chirurgie der Hand- und Armverletzungen.
VEB-Verlag Volk und Gesundheit,
Berlin 1957
11. HEISS, W. :
Ein neuartiger Klebstoff zum nahtlosen
Wundverschluß. In Vorbereitung.

12. HEISS, W., FAUL, P.: Nervennähte mit Klebstoff.
Langenbecks Archiv, Kongreßblatt 1965
13. HEISS, W., FAUL, P.,
STRUPPLER, A.,
BRENDDEL, W.: Ersatz der Chirurgischen Nervennaht durch
Klebstoff. Zentralblatt für Neurochirurgie,
B. 26, 1965
14. HÜBNER, K., NEEF, H.: Fehler bei der Erstversorgung von Weich-
teilverletzungen der Hand und des Unter-
arms. Das Deutsche Gesundheitswesen,
Berlin 1962, S. 775-777
15. ISELIN Die aufgeschobene Dringlichkeit bei der
Wundversorgung.
Langenbecks Archiv 1962.
16. KOSCHITZ-KOSIC, H. Chirurgie und Regeneration durchtrennter
peripherer Nerven.
VEB-Verlag Volk und Gesundheit 1960
17. KOSCHITZ-KOSIC, H.: Zum Problem der Narbe bei der Heilung
durchtrennter peripherer Nerven. Vortrag vom
28. 4. 1962 Deutscher Chirurgen Kongress
München
18. KRÖMER, K.: Die verletzte Hand. Wilhelm-Maudrich -
Verlag Wien, 1945
19. KUHLENDAHL, H.: Chirurgie der peripheren Nerven.
In Klinische Chirurgie für die Praxis
von Diebold, O., Junghanns, H.,
Zuschwerdt, L.,
Georg-Thieme-Verlag Stuttgart 1962
20. LANZ, T. v. und
WACHSMUTH, W.: Praktische Anatomie; Der Arm.
Springer-Verlag Berlin 1935
21. LULLIES, H.: Physiologie II. Teil.
Troponwerke Köln-Mülheim 1959
22. MEYER, A., BRÜCHLE und
SCHÄFER: 5 Jahre Erfahrungen mit dem Ninhydrintest
nach Moberg zum Nachweis der Sensibilität
im Bereich der Hand. Chirurgische Praxis 9,
München 1965
23. MEYER-STEINWEG,
SUDHOFF: Geschichte der Medizin im Überblick.
Gustav-Fischer-Verlag Jena 1950

24. MILLESI: Klinische und experimentelle Erfahrungen bei der Wiederherstellung peripherer Nerven.
Vortrag vom 28.4.1962 Deutscher Chirurgen Kongreß München
25. MOBERG, E.: Periphere Nervenverletzungen.
Ärztliche Praxis, München 1961
26. MOBERG, E.: Versorgung frischer Handverletzungen.
Der Chirurg 1962
27. MOBERG, E.: Erstversorgung bei Handverletzungen.
Ärztliche Praxis, München 1962
28. NIGST, H.: Chirurgie der peripheren Nerven,
Thieme-Verlag Stuttgart 1955
29. NIGST, H.: Freie Nerventransplantation und
Cortison. Benno Schwabe u. Co.
Stuttgart 1957
30. NIGST, H.: Operative Behandlungsmöglichkeiten bei
Erkrankungen und frischen Verletzungen
peripherer Nerven. Vortrag vom
28.4.1962 Dt. Chirurgen Kongreß München
31. PULVERTAFT, R.G.,
REID, D.A.C.: Surgery of the Hand in Great Britain,
Brit.J.Surg. 50, 1963
32. ROMM, E.: Spätkatamnestische Ergebnisse von Naht-
operationen peripherer Nervenverletzungen.
Neurochirurg. Klinik d. Univ. Köln 1960
33. REIN, H. - SCHNEIDER, M.: Physiologie des Menschen,
Springer-Verlag Berlin 1961
34. SCHINK, W.: Zur Chirurgischen Behandlung der kombi-
nierten Medianus- und Ulnarislähmung.
Lang. Archiv 299, 1962
35. SCHINK, W.: Die chirurgische Behandlung der Armver-
letzungen. München 1962
36. SCHINK, W.: Handchirurgischer Ratgeber.
Springer-Verlag Berlin 1960

37. SCHINK, W., SCHMIDT-MENDE, M., VITTALI, H.P.: Experimentelle Untersuchungen über die Einheilung von konservierten Nerven-transplantaten mit Millipore-Umscheidung. Vortrag auf der 80. Tagung der Dt. Gesellschaft für Chirurgie 1963 München
38. STIEVE, R.: Transplantation an peripheren Nerven. Verhandl. der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie in Lang. Arch. 279, 1954
39. STRUPPLER-WITT: Verletzungen und Wiederherstellungen der oberen Extremitäten. Ferdinand-Enke-Verlag Stuttgart 1961
40. TITZE, H.: Problematik der Versorgung frischer Nervenverletzungen. Zeitschrift für Klin. Medizin 1962
41. VOSS-HERRLINGER: Anatomie des Menschen. VEB Gustav-Fischer-Verlag Jena 1958
42. ZEISS, C.: Operationsmikroskop. C. Zeiss-Werke, Oberkochen, 1965

LEBENS LAUF

Am 9. 6. 1939 wurde ich als zweites und letztes Kind des Chemikers Dr. Fritz Püschel und seiner Ehefrau Elisabeth, geb. Bartholome, in Chemnitz geboren.

1945 begann meine Schulzeit, die 1957 mit dem Abitur an der Friedrich-Engels-Oberschule in Chemnitz endete. Anschließend legte ich in einem Sonderlehrgang in West-Berlin das Ergänzungsabitur für Westdeutschland ab.

Ab Mai 1959 studierte ich an der Freien Universität Berlin, wo ich am 10. 8. 1961 die ärztliche Vorprüfung ablegte. Nach drei klinischen Semestern in Berlin setzte ich mein Studium in München fort. Hier legte ich am 3. 8. 1965 die ärztliche Prüfung ab.

